

Provincia di Modena
Comune di Frassinoro

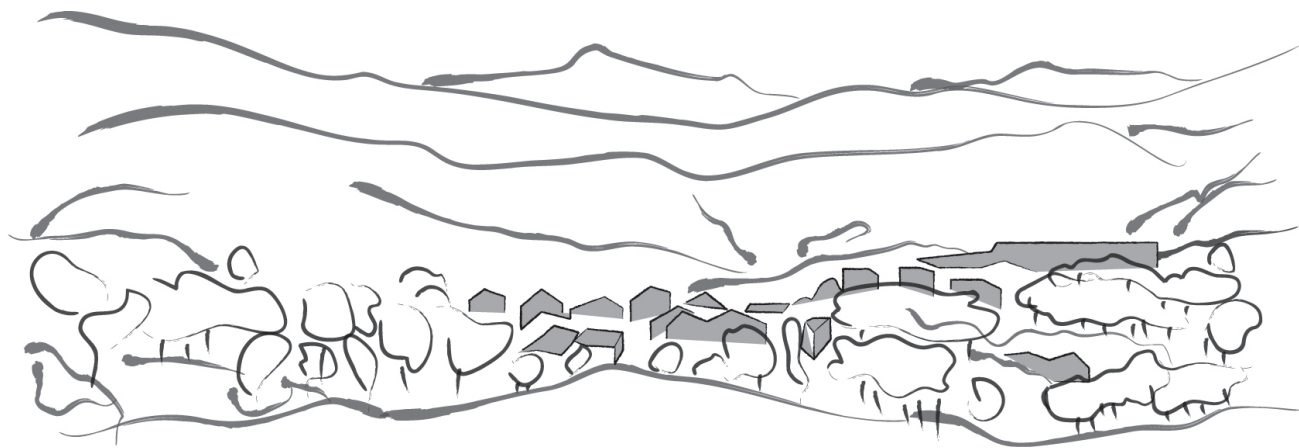


PIANO REGOLATORE GENERALE

Variante parziale 06/2013

adottata con deliberazione consiliare n. 7 del 15/01/2013
approvata con deliberazione consiliare n. 24 del 01/10/2013
ai sensi dell'articolo 15 della legge regionale 7 dicembre 1978, n. 47.

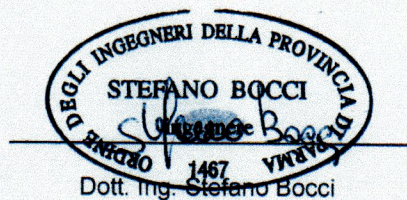
RELAZIONE ILLUSTRATIVA
ALLEGATO 4
PERIZIE GEOLOGICHE
parte I



<i>Domanda</i>	n. 002
<i>Richiedente</i>	Allodi Gianni
<i>Foglio</i>	46
<i>Mappali</i>	1006
<i>Tavola PRG</i>	5.8

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

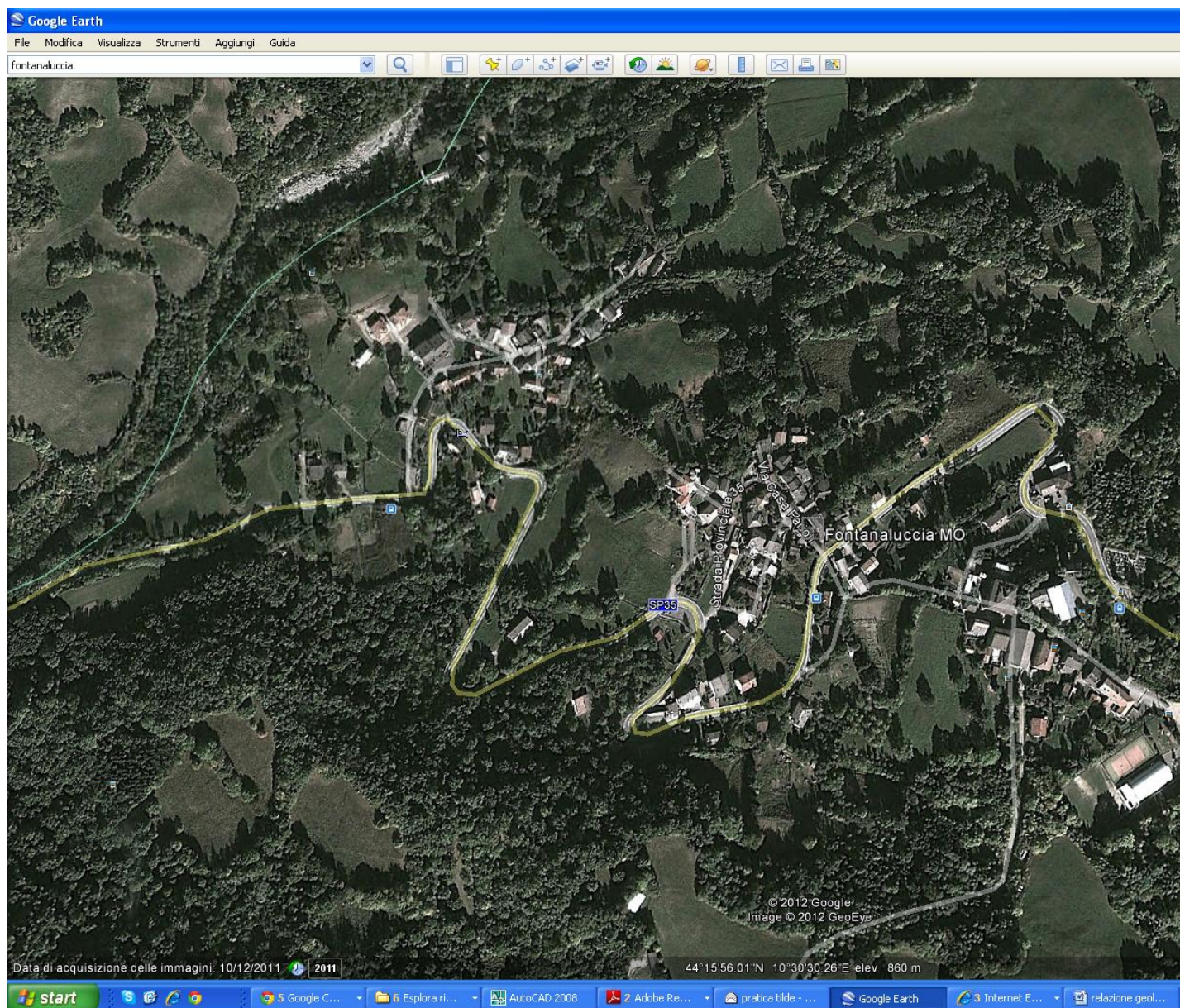
STUDIO EDIFICABILITA' AREA SITA NEL COMUNE DI FRASSINORO(MO) FOGLIO 46 MAPPALE 1006 (ex284)



Dott. Geol. Armando Conti
Via P. Togliatti, n° 18 43044 Collecchio (PR)
Tel. 0521802195 - 0521882610 E-mail: arconti@alice.it

Dott. Ing. Stefano Bocci
Via Sofia, n° 7 43100 Parma
Tel. 0521485106 E-mail: stefanobocci.pr@libero.it

La presente riporta lo studio geologico, geotecnico e sismico atte alla valutazione di edificabilità di area collinare sita nel comune di Frassinoro (MO) in località Case Farioli. Catastralmente è ubicata nel Comune di Frassinoro foglio 46 mappale 1006 (ex284)





INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

L'area di studio è posta sui primi rilievi che dominano la sponda destra del torrente Dolo, costituente il bacino idrografico principale

I terreni sottoposti ad indagine si sviluppano in una fascia altimetrica attorno a 820 m s.l.m.,

Le cartografie indagate sono di seguito evidenziate:

- Carta del Dissesto della Provincia di Modena contenuta nel P.T.C.P, Scala 1:10.000;
- Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo scala 1:10.000;
- Carta Geologica 1:100.000 della Provincia di Modena e zone limitrofe,
- Carta Geologica d'Italia Scala 1:50.000;
- Carta del Vincolo Geologico digitale del Comune di Frassinoro;
- Carta Geologica della Regione Emilia Romagna, Scala 1:10.000 - Progetto CARG ;.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

QUADRO STRUTTURALE GENERALE

L'Appennino settentrionale risulta prodotto dalla sovrapposizione tettonica di due grandi insiemi, diversi per litologia, struttura ed origine paleogeografia:

- L'Insieme Esterno è costituito essenzialmente da uno zoccolo continentale, appartenente alla Placca Apula (Adriatico – Padana Auct.), su cui poggiano, anche se scollate e deformate, le successioni mesozoico - terziarie che ne rappresentano l'originale copertura sedimentaria.
- L'Insieme Interno consta di una serie di unità tettoniche che, per la presenza di ofioliti (rocce ignee basiche di origine oceanica) si sono invece originate in un oceano, estendendosi eventualmente anche sulla parte più assottigliata dei margini continentali adiacenti. Queste unità hanno comunque abbandonato il loro substrato originario, che è scomparso in subduzione, per sovrascorrere da est verso ovest (vergenza appenninica) sull'Insieme Esterno, costituendo quindi una coltre alloctona.

L'Insieme interno, che interessa l'Appennino emiliano in generale e modenese in particolare, appartiene al dominio Ligure. La dinamica compressiva, che ha portato alla formazione della catena appenninica, è responsabile della struttura embriciata che la

connota, del forte accorciamento e impilamento delle unità tettoniche, nonché dei forti stress tettonici e delle intense e profonde deformazioni che caratterizzano le rocce costituenti la struttura a falde dei rilievi dell'appennino Emiliano-Umbro-Toscano.

STRATIGRAFIA DEI DEPOSITI QUATERNARI

Sulla base dei sopralluoghi e della cartografia tematica di riferimento (Tav. n. 3 - 4), i depositi quaternari caratterizzanti la zona di interesse sono classificabili come coperture di origine continentale, legate a dinamiche di versante, prodotte da fenomeni di genesi ed evoluzione gravitativa, eluvio-colluviale ed alluvionale.

Questi depositi che assumono giacitura caotica, tendono a essere più spessi e potenti nelle depressioni, ai piedi dei versanti e a ridursi lungo i fianchi dei rilievi e nei settori più ripidi, favorendo gli affioramenti del substrato.

IDROGEOLOGIA E IDROGRAFIA

L'assetto idrogeologico del versante in esame come nell'intero Appennino risulta strettamente connesso alle litologie presenti ed ai mutui rapporti stratigrafici e si presenta quanto mai variabile da luogo a luogo, in relazione alle complicazioni geologiche e strutturali delle formazioni precedentemente descritte.

Relativamente alle litologie rilevate, è possibile individuare le seguenti corrispondenze Formazioni Geologiche/Formazioni Idrogeologiche:

Le coperture detritiche sciolte e coesive superficiali e gli accumuli di frana costituiscono formazioni idrogeologiche semipermeabili caratterizzate da permeabilità primaria da medio-bassa a scarsa, per porosità e in superficie per fessurazione.

La permeabilità del Complesso è invece generalmente da media e bassa per porosità a tratti più elevata per fratturazione.

Da quanto esposto, si evince come il grado di permeabilità sia disomogeneo e discontinuo anche all'interno della medesima Formazioni Geologiche/Formazioni Idrogeologiche, ma che prevalendo litotipi argillosi e argillitici, non si determinano generalmente condizioni favorevoli all'instaurarsi di una rete di deflusso idrico sotterraneo propriamente detta.

Pur tuttavia, la presenza di zone a permeabilità relativa localmente più elevata, in relazione alle maggiori percentuali di inclusi lapidei nella coltre detritica superficiale, può determinare localmente condizioni di circolazione idrica sotterranea e superficiale, a

carattere stagionale, discontinuo, soggetta a sensibili oscillazioni stagionali in fase con il quantitativo idrico derivante dall'infiltrazione efficace delle acque meteoriche.

In relazione alla natura strutturalmente complessa degli ammassi costituenti il substrato lapideo ed al loro grado di fratturazione e/o fessurazione, si possono instaurare anche condizioni di circolazione idrica più profonda, alimentate per filtrazione da monte.

SITUAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DI DETTAGLIO

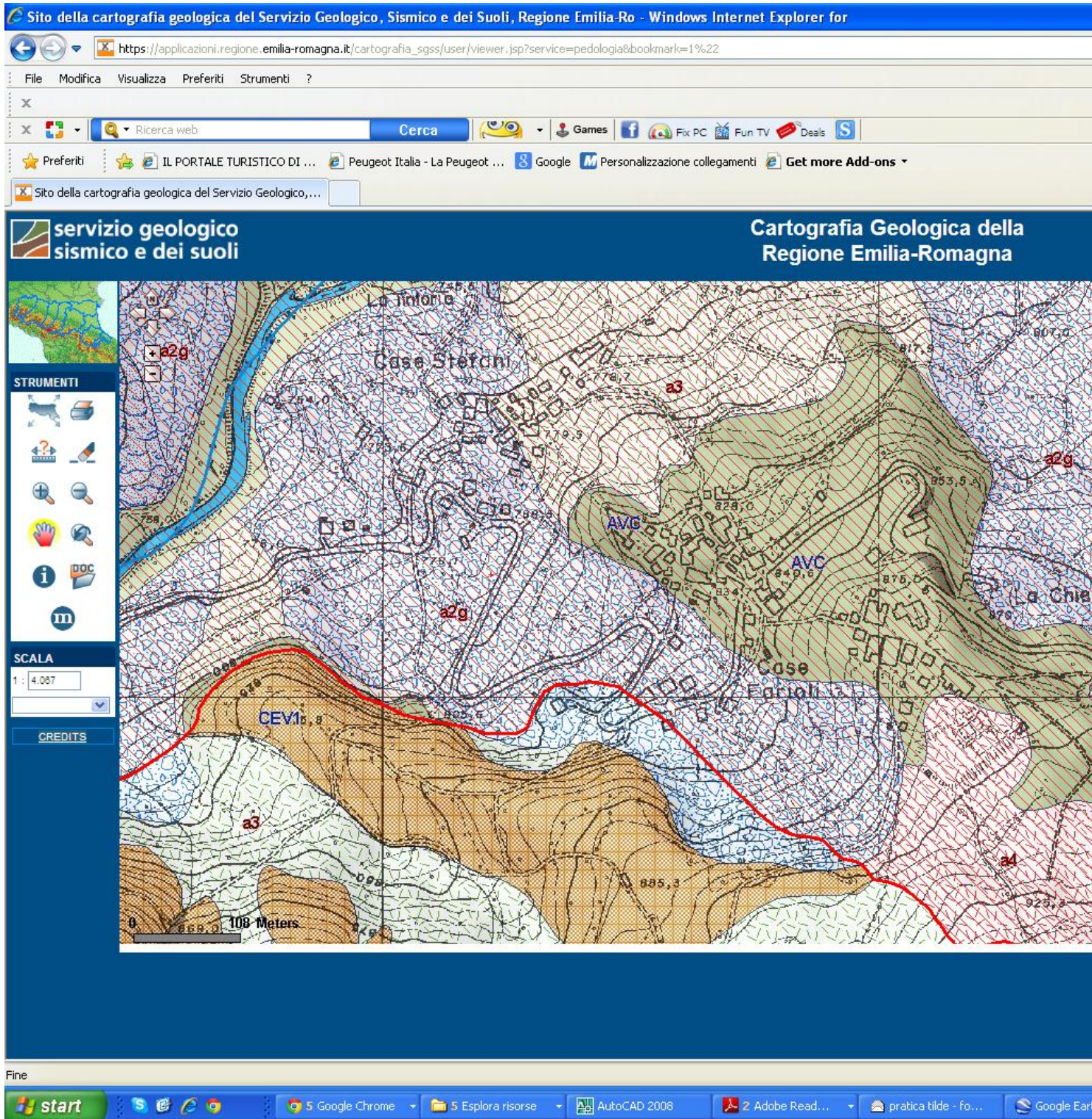
Trattasi di zona geologica stabile i cui suoli appartenete dominio Ligure .

Più precisamente unità geologica è quella delle argilliti variegata con calcari

Trattasi di ammassi rocciosi strutturalmente costituiti da argille intensamente tettonizzate, argilliti - unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione ("argille scagliose")

Sono ammassi costituiti da argilliti o argille grigio-scure, nerastre, varicolori che includono blocchi o strati continui di torbiditi arenacee calcaree e marnose.

L'area è ubicata sull'unità di Sestola-Vidiciatico



Sito della cartografia geologica

File Modifica

Preferiti

Sito della cartografia geologica

servizi sismici

STRUMENTI

SCALA

1 : 4.067

CREDITS

Risultato dell'interrogazione - Windows Internet Explorer fornito da Yahoo!

about:blank

RISULTATO INTERROGAZIONE

Comune di FRASSINORO (MO), sezione CTR: 235110

Unità geologiche (10K)	sigla	AVC
AVC - Argilliti variegate con calcari	etÀ inf.	
	etÀ sup.	
	nome	Argilliti variegate con calcari
	legenda	AVC - Argilliti variegate con calcari
	dominio	Dominio Ligure
	gruppo	F09 - Argille varicolori s.l.
	sigla	Dsc - Argille scagliose
	litotecnica	Argille intensamente tettonizzate, argilliti - unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione ("argille scagliose")

Chiudi

Internet

100%

La Chiesa

Casse

100 Meters

start

5 Google Chrome

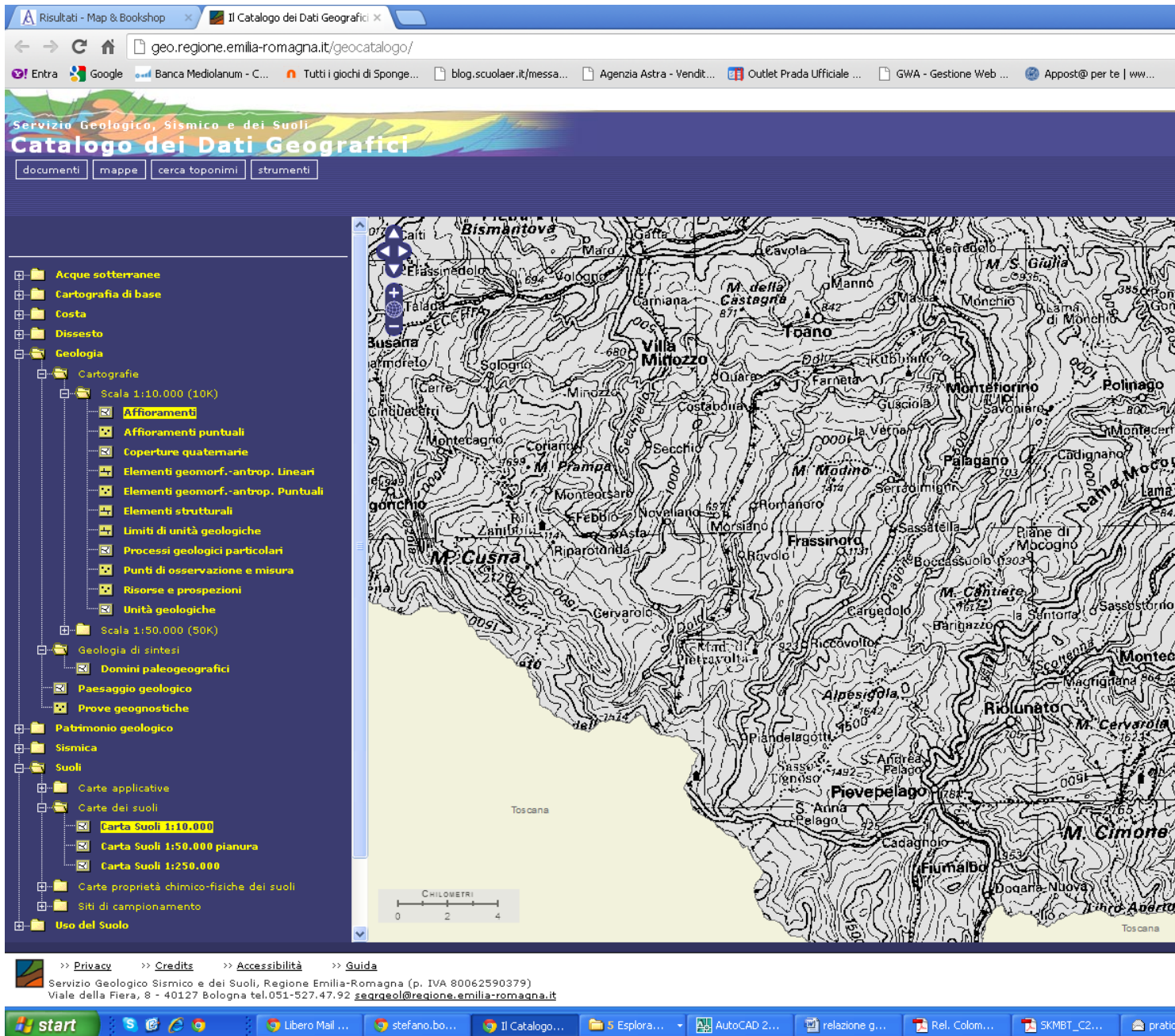
5 Esplora risorse

AutoCAD 2008

2 Adobe Read...

pratica tilde - fo...

Google Earth



Complessivamente possiamo dire che il detrito al di sotto del terreno vegetale e dei materiali di copertura presenti dello spessore compreso tra 60 e 100cm si presenta costituito da un deposito coesivo e pseudocoerente costituito da una matrice argillosa e argilloso – limosa prevalente e uno scheletro costituito da pezzame lapideo eterometrico (dai ciottoli ai blocchi). Gli elementi lapidei sono generalmente brecciati e spigolosi, squadrati e molto alterati con patine di ossidazione e alterazione. Il materiale si presenta da mediamente compatto a compatto, scarsamente permeabile e caratterizzato da umidità da discreta a significativa, anche in considerazione della capacità di ritenzione idrica della

componente argillosa prevalente. Tale livello si presenta con potenza variabile compresa tra 2 e 3 metri.

Al di sotto del deposito si trova un livello a comportamento coesivo, compatto, duro da consistente a molto consistente e ben consolidato con abbondante frazione lapidea con elementi anche di grosse dimensioni.

Il passaggio con l'unità superiore appare sfumato e graduale senza una netta superficie di contatto, interpretabile come porzione alterata del substrato o pia plausibilmente come livello costituito da lembi del substrato originario scorsi solidalmente verso valle che seppur scompaginati e dissestati hanno mantenuto generalmente la stratificazione.

VERIFICA DELLA POSSIBILITA' DELL'OCCORENZA DI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

I depositi e i terreni presenti hanno caratteristiche granulometriche e tessiturali tali da poter essere ritenuti non liquefacibili (assenza di significativi livelli sabbiosi), inoltre la presunta posizione della falda è ben al di sotto degli strati di terreno interessati dall'intervento di edificazione, per cui il rischio di liquefazione è molto ridotto o assente.

STRUTTURE ATTIVE IN EMILIA ROMAGNA E SISMICITA'

La convergenza tra le Placche Europea ed Africana e associata, nell'Appennino Settentrionale, ad un *pattern* deformativo e ad un'attività sismica complessa. Il settore tirrenico della catena è infatti, interessato da un prevalente campo deformativo estensionale, mentre nel settore adriatico della medesima, prevale una compressione attiva.

In quest'ultimo settore, in cui è inclusa l'Emilia Romagna, l'attività tettonica è da ricondursi alla presenza di strutture compressive, quali sovrascorrimenti (thrusts) e piegamenti. Nello specifico risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno origine agli archi Piacenza – Parma, Reggio Emilia e Ferrara. A tali strutture, in particolare alla Dorsale Ferrarese, possono essere associate le fagliazioni superficiali osservabili in alcune aree della Pianura Padana, nelle Province di Reggio Emilia e Modena.

Lungo il margine è attivo il Thrust pede – appenninico tra Bologna e Parma, mentre blind thrusts attivi caratterizzano il settore a sud – est di Bologna.

L'esame della cartografia cartografica consente di riscontrare come le strutture attive nell'ambito del territorio regionale possano essere raggruppate in tre distinti settori:

- allineamento abbastanza continuo in corrispondenza del crinale appenninico, all'incirca coincidente con il fronte di accavallamento delle Unità Tettoniche Cervarola e Falterona sulle Liguridi, in Emilia; e sulla Marnoso – Arenacea in Romagna.
- Allineamento coincidente con gran parte del margine appenninico – padano, a sua volta suddivisibile da NW verso SE, in tre ulteriori settori:
 - settore ad ovest della Val Taro;
 - settore compreso tra le Valli del Taro e dell'Idice (ad est di Bologna);
 - settore ad est della valle dell'Idice, corrispondente con il margine romagnolo.
- Allineamento coincidente con l'alto delle Pieghe Ferraresi e delle Pieghe Emiliane.

La regione Emilia Romagna è interessata da una sismicità media in rapporto alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5.5. e 6.0 della scala Richter ed intensità del IX – X grado della scala MCS.

I terremoti più intensi ($M > 5.5$) si sono verificati nel settore sud – orientale, in particolare nell'Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente, ma generalmente di minore energia ($M < 5.5$), sono il margine appenninico padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della Dorsale Ferrarese e il crinale appenninico. Quest'ultimo risente di due importanti zone sismogenetiche della Toscana: il Mugello e la Garfagnana.

La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri mediamente ad una profondità inferiore a 15 Km, è molto diffusa in catena e più localizzata in pianura, specie nella Dorsale Ferrarese.

I meccanismi focali calcolati risultano compressivi e trascorrenti, indicando direzioni di compressione sia NE – SW che NW – SE; i meccanismi focali distensivi sono nettamente secondari. Ne consegue che la cinematica delle principali strutture attive superficiali è di tipo transpressivo.

La sismicità crostale, con ipocentri compresi tra 15 e 35 Km, ha una distribuzione simile a quella più superficiale, ma è caratterizzata da una minore densità.

I meccanismi focali sono compressivi e trascorrenti, con direzione di compressione sia NW – SE che NE – SW; i meccanismi focali distensivi sono rari e ben localizzati. La sismicità più profonda, essenzialmente a bassa magnitudo, con ipocentri da 35 ad oltre 50

Km di profondità, interessa quasi esclusivamente il settore di catena, il margine appenninico – padano e, solo raramente, la pianura.

Ne risulta un modello geodinamico attivo in cui le strutture superficiali della copertura, quelle crostali e quelle del mantello, sebbene tra loro distinte, sono tutte coerenti ed inquadrabili in un sistema transpressivo, che rispetto alle zone esterne dell'avampaese padano, relativamente stabili, assume il significato di un sistema inferiore all'interno di un sistema di trascorrenza destra.

Dall'esame delle registrazioni dei terremoti, riportati nella specifica letteratura divulgativa (catalogo ENEL - PFG, bollettino sismico mensile dell'Istituto Nazionale di Geofisica e rapporti sull'attività sismica dell'Istituto di Geofisica e Geodetica dell'Università di Genova), si evince che la sismicità si concentra, in particolar modo, in corrispondenza del margine morfologico dell'Appennino e lungo i lineamenti ad esso trasversali. Nel complesso il territorio provinciale può essere ritenuto potenzialmente pericoloso, anche se la pianura presenta una sismicità molto bassa. Nell'ambito territoriale della pianura modenese gli epicentri dei terremoti sono concentrati lungo i piani di rottura del substrato terziario in corrispondenza dei fasci di accavallamento P.T.F. ed E.T.F. precedentemente menzionati. La classificazione sismica del territorio nazionale, attribuisce il Comune di Frassinoro alla Zona 2 .

STABILITA' E CONCLUSIONI

Come già esposto precedentemente la litologia del suolo nell'area oggetto di intervento , composta da una coltre superficiale incoerente al di sotto della quale sono presenti depositi da pseudo coerenti mediamente consistenti a compatti e duri, e la buona stabilità dell'intorno assicurano all'area stabilità per interventi di urbanizzazione e edificazione. Nell'area non sono presenti faglie superficiali, sono assenti discontinuità o cavità tali da indurre un pericolo sismico aggiuntivo. Non sono inoltre prevedibili fenomeni di amplificazione locale dell'accelerazione sismica dovuti all'assetto topografico o a effetti di bordo (orli di terrazzo, ecc.)

In conclusione, possiamo dire che dagli studi eseguiti non emergono particolari controindicazioni di carattere geomorfologico alla realizzazione degli interventi di

edificazione e che, in considerazione delle condizioni geomorfologiche e planoaltimetriche dell'area, il rischio geologico derivante dall'intervento e da ritenersi trascurabile.

La litologia del suolo nell'area oggetto di intervento assicura stabilità per interventi di urbanizzazione e edificazione.



Dott. Geol. Armando Conti

Via P. Togliatti, n° 18 43044 Collecchio (PR)

Tel. 0521802195 - 0521882610 E-mail: arconti@alice.it

Dott. Ing. Stefano Bocci

Via Sofia, n° 7 43100 Parma

Tel. 0521485106 E-mail: stefanobocci.pr@libero.it

<i>Domanda</i>	n. 003
<i>Richiedente</i>	Rotteglia Paolo
<i>Foglio</i>	34
<i>Mappali</i>	627, 628
<i>Tavola PRG</i>	5. 6

Dott Daniele Piacentini Geologo
Via Castelnuovo 8b 41043 Formigine Mo
CF PCNDNL53M22D783F
PI 00923790364

Formigine 07.01.2013

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

VERIFICA EDIFICABILITA' PER UN LOTTO DI TERRENO DI PROPRIETA' DEL SIG PAOLO
ROTTEGLIA UBICATO IN FRASSINORO CAPOLUOGO AL F._34 MAPP.628

COMMITTENTE SIG PAOLO ROTTEGLIA

Sommario

1) Localizzazione	2
2) Aspetti Geologici	3
3) Stabilità	4
4) Aspetti Sismici.....	5
4.1 Generalità.....	5
4.2 Prova MASW Ubicazione	5
4.3 Risultati prova MASW	6
4.4 Parametri sismici	7
5) indagini geotecniche.....	8
5.1 Valutazione della Possibilità' dell'occorrenza del fenomeno della liquefazione	8
6) Conclusioni	9

0



1) Localizzazione



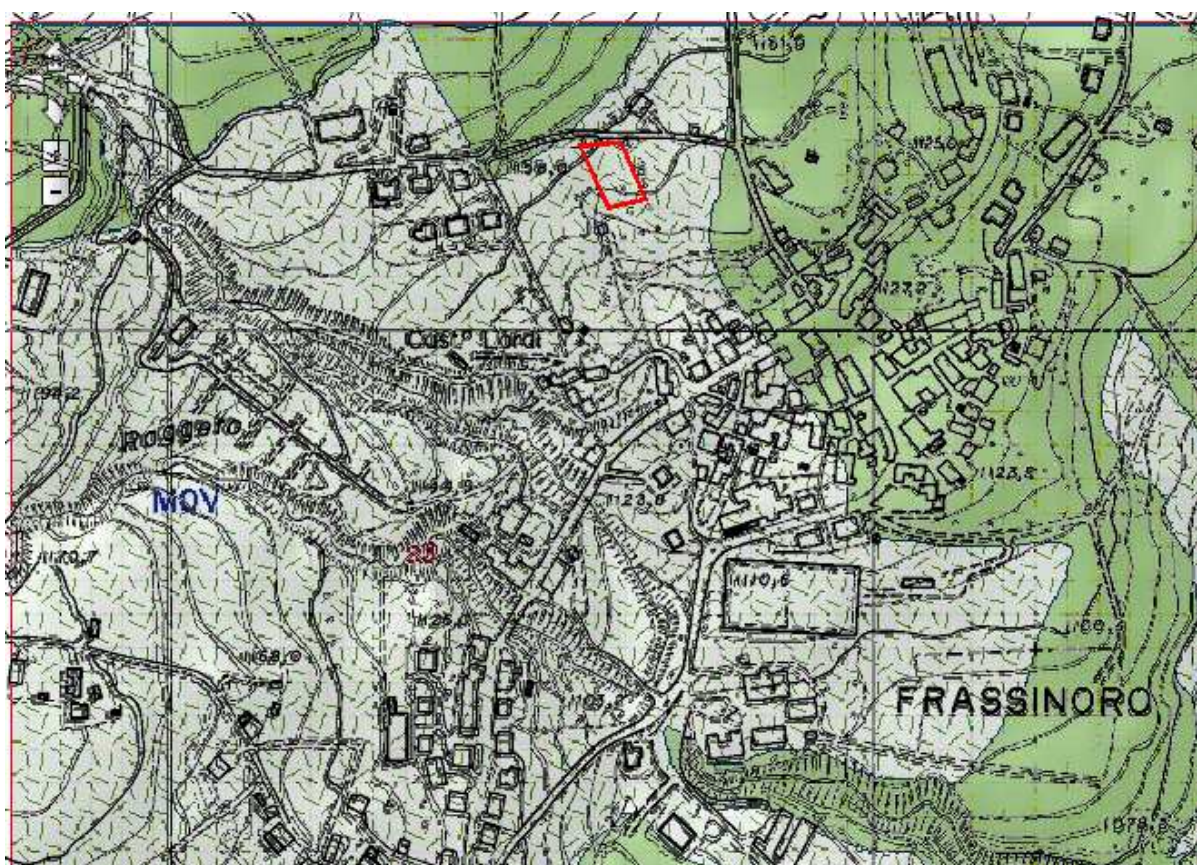
Si tratta di un lotto di circa 1.200 mq posto nel settore di monte dell'edificato di Frassinoro, in una zona di nuova costruzione, con edifici recenti, ed in adiacenza ad un lotto già edificato.

Morfologicamente si trova su in una zona di tutto riposo, su un pendio di bassa inclinazione, con un dislivello da monte-valle di circa 5 m su una lunghezza di circa 45 m. Perciò con inclinazione di $5/45=11\% = 6,3^\circ$.

2) Aspetti Geologici

la posizione geologica del sito e' conforme alle condizioni strutturali di tutto il centro abitato di Frassinoro che è caratterizzato, in profondità da una formazione a prevalenza lapidea (la formazione di Montevenere [Mov]) e, in superficie, da ampie ed estese coperture di detrito di versante [a3] costituito da un aggregato misto con clasti eterometrici immersi in una pasta a matrice limosa o sabbiosa

la genesi potrebbe anche essere di origine gravitativa se non che. la mancanza dei tipici caratteri di forma delle frane, fa propendere per una genesi derivata da ruscellamento superficiale, geliflusso o soliflusso.



a3 - Deposito di versante s.l.

Modena e Reggio nell'Emilia Accumulo di detrito su versante sulla cui attribuzione genetica permane un grado di incertezza, non escludendo che sia dovuto a fenomeni franosi, mancando spesso i caratteri di forma tipici delle frane stesse. Solo una indagine più approfondita del semplice rilevamento sul terreno potrebbe chiarire la natura dei processi che hanno generato il deposito. Generalmente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pellica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), solo localmente stratificato e/o cementato. Come indicato sopra la genesi può essere gravitativa, da ruscellamento superficiale, da soliflusso

MOV - Formazione di Monte Venere

Modena Torbiditi arenaceo-marnosi con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pellici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo-marnosi in strati spessi fino a 15 m. Le areniti hanno composizione arciosa e possono avere cementazione scarsa, specie quelle a grana più grossolana. Paleocorrenti con provenienza dai quadranti meridionali. Contatto inferiore non preservato. Nella parte alta della formazione è localmente presente la litofacies del Torrente Lucola (MOVa), costituita da torbiditi siltoso-marnosi in strati sottili. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza fino a 600 m.

(Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.)

Reggio nell'Emilia Torbiditi arenaceo-marnosi con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pellici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo-marnosi in strati spessi fino a 15 m. Le areniti hanno composizione arciosa e possono avere cementazione scarsa, specie quelle a grana più grossolana. Paleocorrenti con provenienza dai quadranti meridionali. Contatto inferiore non preservato. Nella parte alta della formazione è localmente presente la litofacies del Torrente Lucola (MOVa), costituita da torbiditi siltoso-marnosi in strati sottili. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza fino a 600 m.

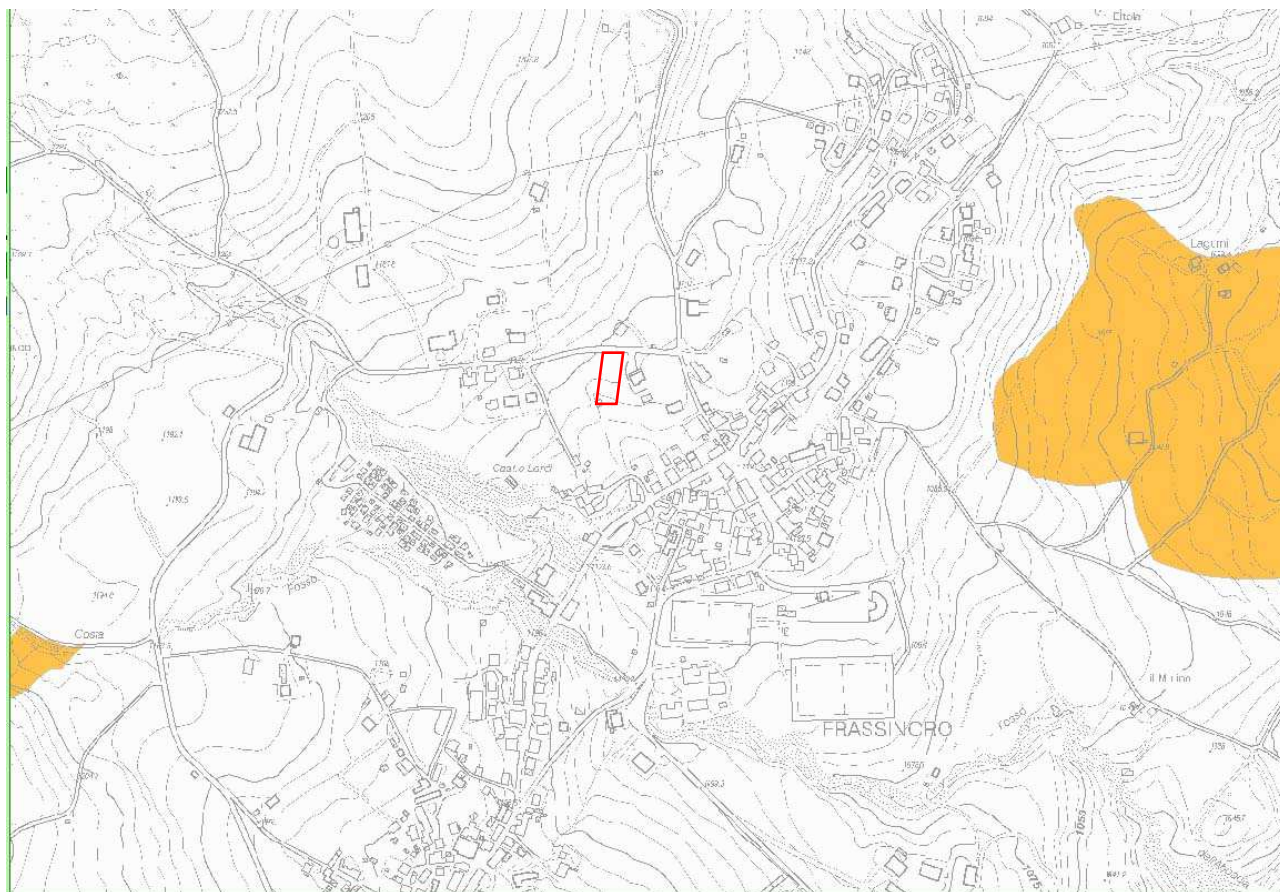
DC (Campaniano sup. - Maastrichtiano)

VALUTAZIONE EDIFICABILITÀ LOTTO PAOLO ROTTEGLIA FRASSINORO F 34 MAPP 628

3) Stabilità

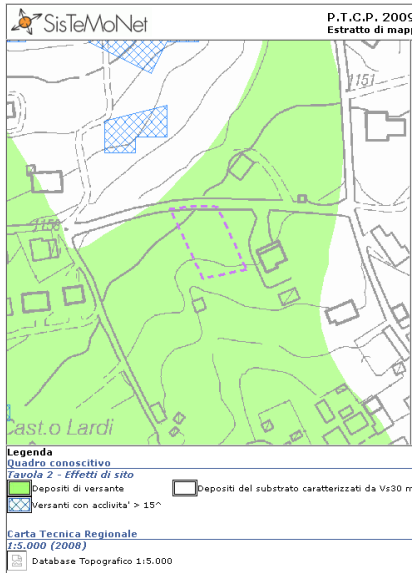
Il PTCP della provincia di Modena esclude la zona in oggetto da rischi di frana o dissesto così come l'intero abitato di Frassinoro.

La frana quiescente (in giallo) più prossima, si trova ben oltre il bordo della placca calcarea di Frassinoro; perciò per il sito si possono escludere rischi di tipo gravitativo.



4) Aspetti Sismici

4.1 Generalità



il comune di Frassinoro è classificato in 2^a categoria dunque a pericolosità media.

Ai fini degli effetti locali il PTCP della Provincia di Modena riconosce nel sito condizioni di potenziale amplificazione litologica coerentemente col fatto di un sito localizzato su detrito di versante.

L'inclinazione del pendio esclude effetti di amplificazione topografica.

4.2 Prova MASW Ubicazione

Per la definizione delle caratteristiche di risposta sismica del sito è stata eseguita una prova MASW con uno stendimento di 56 m e 24 geofoni, ubicata come da figura seguente.



4.3 Risultati prova MASW

Dalla prova è risultato un valore di $V_{s30}=427$ m/s corrispondente ad un terreno di categoria **B**.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Da ulteriori elaborazioni risulta una frequenza di risonanza pari a 4.3 Hz con periodo di 0,23 s. e bed Rock sismico alla profondità di circa 25 m

winMASW 4.1 Pro - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

winMASW 4.1 Pro - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results

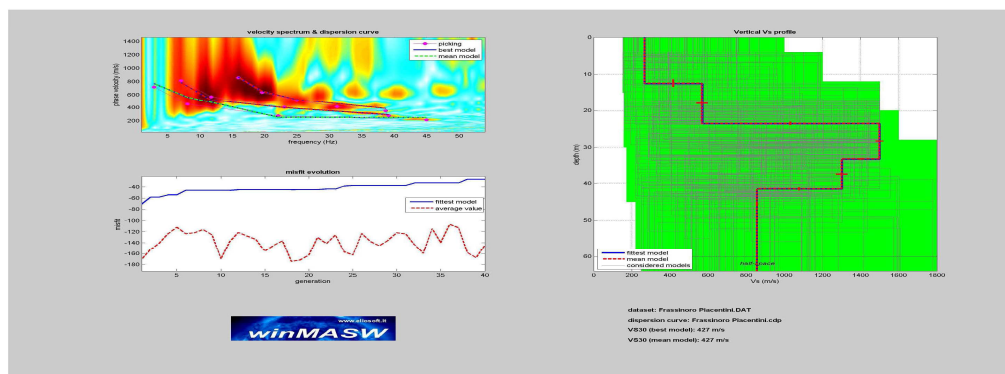
See "winMASW_report.txt" for further details.

www.eliosoft.it

Time: 11.16

Dataset: Frassinoro Piacentini.DAT

Considered dispersion curve: Frassinoro Piacentini.cdp



Mean model

V_s (m/s): 268, 568, 1499, 1301, 857

Standard deviations (m/s): 3, 30, 20, 30, 6

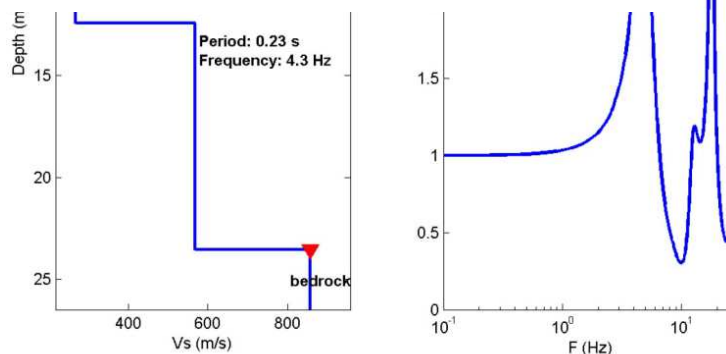
Thickness (m): 12.4, 11.1, 9.6, 8.3

Standard deviations (m/s): 1.0, 0.5, 0.2, 0.4

Density (gr/cm³): 1.91, 2.09, 2.33, 2.30, 2.17

Shear modulus (MPa): 137, 676, 5238, 3887, 1593

Analysis: Rayleigh Waves



DOTT. DANIELE PIACENTINI GEOLOGO VIA CASTEL

VALUTAZIONE EDIFICABILITÀ LOTTO PAOLO ROTTEGLIA FRASSINORO F. 37 PIAC. 020

4.4 Parametri sismici

Nel caso specifico del sito in parametri sismici sono i seguenti:

Tipo di elaborazione: fondazioni e opere di sostegno

Sito in esame.

latitudine: 44,2922149487042
longitudine: 10,5687011352668
Classe: 3
Vita nominale: 50

Tr: 75
[anni]
ag: 0,090 g
Fo: 2,447
Tc*: 0,266
[s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10

%

Tr: 712
[anni]
ag: 0,202 g
Fo: 2,483
Tc*: 0,298
[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5

%

Tr: 1462
[anni]
ag: 0,252 g
Fo: 2,495
Tc*: 0,310
[s]

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 17607 Lat: 44,2985 Lon: 10,5569 Distanza: 1174,615
Sito 2 ID: 17608 Lat: 44,3002 Lon: 10,6267 Distanza: 4697,272
Sito 3 ID: 17830 Lat: 44,2503 Lon: 10,6291 Distanza: 6697,727
Sito 4 ID: 17829 Lat: 44,2486 Lon: 10,5593 Distanza: 4912,803

Coefficienti Sismici

SLO:
Ss: 1,200
Cc: 1,440
St: 1,000
Kh: 0,016
Kv: 0,008
Amax: 0,848
Beta: 0,180

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 75anni
Coefficiente cu: 1,5

SLD:
Ss: 1,200
Cc: 1,430
St: 1,000
Kh: 0,019
Kv: 0,010
Amax: 1,057
Beta: 0,180

%

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81
Tr: 45
[anni]
ag: 0,072 g
Fo: 2,454
Tc*: 0,258
[s]

SLV:
Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,000
Kh: 0,075
Kv: 0,037
Amax: 2,372
Beta: 0,310

%

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63

SLC:
Ss: 1,150
Cc: 1,390
St: 1,000

DOTT. DANIELE PIACENTINI GEOLOGO VIA CASTELNUOVO 8B CALOMBARO DI FORMIGINE

VALUTAZIONE EDIFICABILITÀ LOTTO PAOLO ROTTEGLIA FRASSINORO F 34 MAPP 628

piano regolatore generale Frassinoro - Variante Parziale 06/2012 - Allegato 3 Perizie geologiche

Kh: 0,090
Kv: 0,045
Amax: 2,837

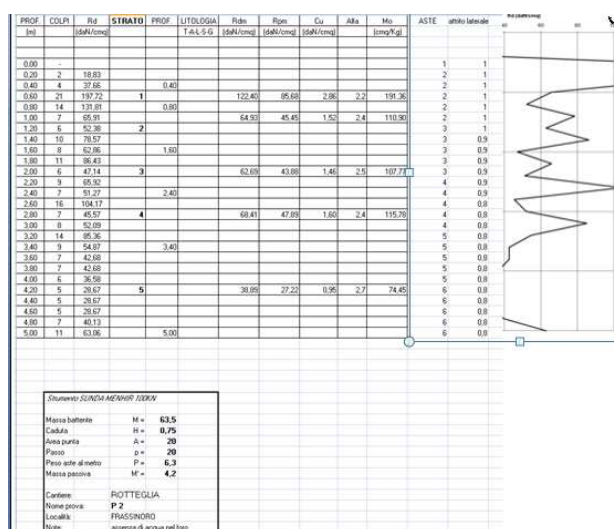
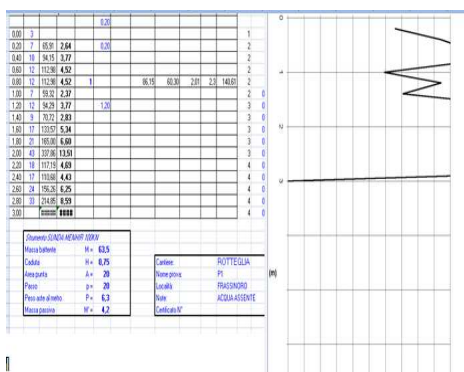
Beta: 0,310
Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

5) indagini geotecniche



A completamento dell'analisi sono state eseguite n. 2 prove Penetrometriche super pesanti ubicate come da figura.

Le prove hanno dato dei risultati molto chiari avendo attraversato terreni con resistenze da elevate a molto elevate, arrestandosi a rifiuto totale, a profondità da 3 a 5 m. Hanno inoltre evidenziato la assenza di acqua.



5.1 Valutazione della Possibilità dell'occorrenza del fenomeno della liquefazione

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini geognostiche eseguite, supportati da dati bibliografici relativi ad indagini eseguite su terreni analoghi nelle immediate vicinanze dell'area in studio è stata effettuata una valutazione dell'occorrenza del fenomeno della liquefazione in caso di sisma.

In primo luogo è stato definito il valore della Magnitudo di riferimento per l'area in studio facendo riferimento ai dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ed è risultato che il valore medio di M è pari a 4,98. Considerato che il fenomeno della liquefazione può manifestarsi per valori di M>5, per l'area in studio si può escludere la possibilità del manifestarsi del fenomeno della liquefazione. In ogni caso le litologie presenti nel sottosuolo sono tali da poter escludere il manifestarsi del fenomeno della liquefazione.

DOTT. DANIELE PIACENTINI GEOLOGO VIA CASTELNUOVO 8B CALOMBARO DI FORMIGINE

VALUTAZIONE EDIFICABILITÀ LOTTO PAOLO ROTTEGLIA FRASSINORO F 34 MAPP 628

6) Conclusioni

La presente relazione tratta dei caratteri geologici e sismici dei un lotto di terreno ubicato in nei pressi di Frassinoro Capoluogo Ubicato al F.34 Mapp.628. in vista di una variante urbanistica come lotto edificabile.

Si è visto che il sito si trova sulla placca calcarea di Frassinoro formata dal Flysch di Montevenere

Il sito si trova in posizione interna alla placca e tale da trovarsi largamente a distanza di sicurezza da frane o altri tipi di dissesto;infatti la stabilità del lotto e del suo intorno possono definirsi eccellenti.

A fini sismici è stata eseguita una prova MASW dalla quale è risultato un valore di $V_{s30}=427$ m/s corrispondente ad un terreno di **categoria B**.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS_{30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Da ulteriori elaborazioni risulta una **frequenza di risonanza pari a 4.3 Hz** con periodo **di 0,23 s.** il **bed Rock sismico si stima alla profondità di circa 25 m.**

Infine a completamento dell'analisi sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche super pesanti che hanno dato dei risultati molto chiari: terreni con resistenze da elevate a molto elevate, e arrestatesi con rifiuto totale, a profondità da 3 a 5 m;hanno inoltre evidenziato la assenza di acqua.

è stata inoltre esclusa la possibilità di fenomeni di liquefazione in quanto prevedibile solo per sismi di $M > 5$ ma soprattutto in base alle caratteristiche e consistenza dei terreni del sito.

In conclusione si ritiene verificata senza ulteriori rinvii la edificabilità del Lotto.

Dott Daniele Piacentini Geologo
Via Castelnuovo 8b 41043 Formigine



<i>Domanda</i>	n. 004
<i>Richiedente</i>	Biondini Roberto
<i>Foglio</i>	36
<i>Mappali</i>	307 - 317
<i>Tavola PRG</i>	5.6

STUDIO GEOLOGICO PETRA

di Dott. Geol. Andrea Zanotti
Piazza Matteotti, 37 - 41121 Modena - tel./fax +3959220030 - studiopetra@libero.it
Codice fiscale ZNTNDR64E03I462U - Partita I.V.A. 02012030363

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO E RELAZIONE SISMICA

VARIANTE AL PIANO REGOLATORE DEL COMUNE DI
FRASSINORO (MO): LOTTIZZAZIONE PRIVATA “BIONDINI
ROBERTO”, LOCALITA’ CASA GIANNASI.

REGIONE
EMILIA – ROMAGNA

PROVINCIA DI
MODENA

COMUNE DI
FRASSINORO

RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 11/03/1988, lettere A, B, H;
- Circolare LLPP 24/10/88 n. 30483;
- R.D. n. 3267/1923 e n. 1126/1926,
- L.R. 3/1999, direttiva regionale 117/2000 (Vincolo Idrogeologico)
- PTPC Provincia di Modena;
- Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino del Fiume PO;
- O.P.C.M. n. 3274/2003 (classificazione sismica territorio);
- D. A. L. n. 112/2007 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”
- D. M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni).
- Circolare C.S.LL.PP. 2/2/2009 n.617.

COMMITTENTE :
SIG. BIONDINI ROBERTO

IL TECNICO :
DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI

MODENA 03/09/2012

RELAZIONI – biondini variante 2012

PUNTI TRATTATI

CAP. 1	INTRODUZIONE	pag. 2
CAP. 2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pag. 3
CAP. 3	GEOLOGIA DELL’AREA DI VARIANTE	pag. 3
CAP. 4	CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE	pag. 6
CAP. 5	STRATIGRAFIA PARAMETRI GEOTECNICI	pag. 7
CAP. 6	RELAZIONE SISMICA	pag. 9
CAP. 7	CONCLUSIONI	pag. 14
	ALLEGATI	pag. 16

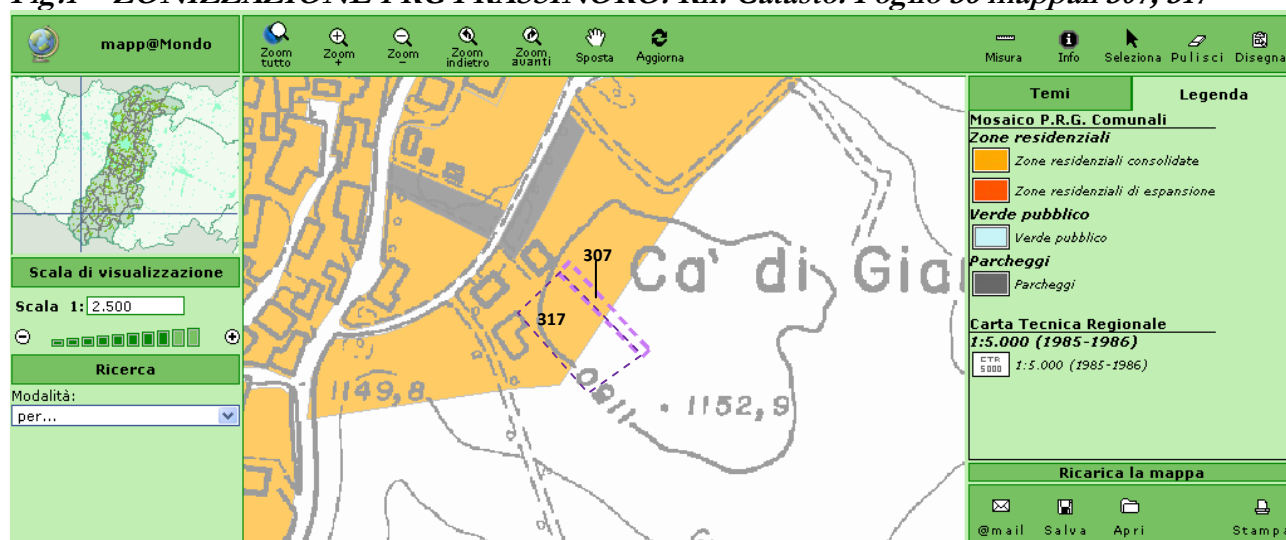
Cap. 1 INTRODUZIONE

Su incarico della committenza, è stata eseguita la presente relazione con lo scopo di verificare le caratteristiche generali litostratigrafiche, geomeccaniche e sismiche di un'area del comune di Frassinoro, in relazione ad una richiesta di variante al Piano Regolatore comunale, per un lotto di terreno ubicato in località Casa Giannasi, ad una quota media di circa 1151 m /s l m.

Come si evince dalla Fig. 1, il sito esaminato è parzialmente edificabile nella porzione Nord – Ovest, in cui la committenza sta realizzando un'abitazione monofamiliare (parzialmente visibile nella Foto 1).

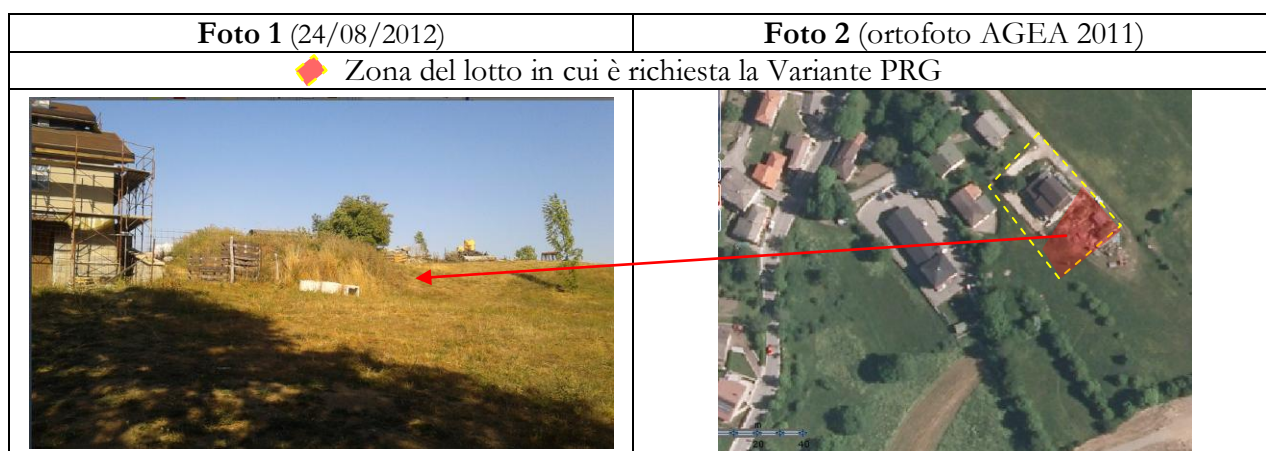
E' intenzione del Sig. Biondini estendere la zona ad uso residenziale in tutta l'area di proprietà.

Fig.1 - ZONIZZAZIONE PRG FRASSINORO. Rif. Catasto: Foglio 36 mappali 307, 317



Estratto da SISTEMONET, Mosaico P.R.G. comunali 2002

(scala 1:2500)



Cap. 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

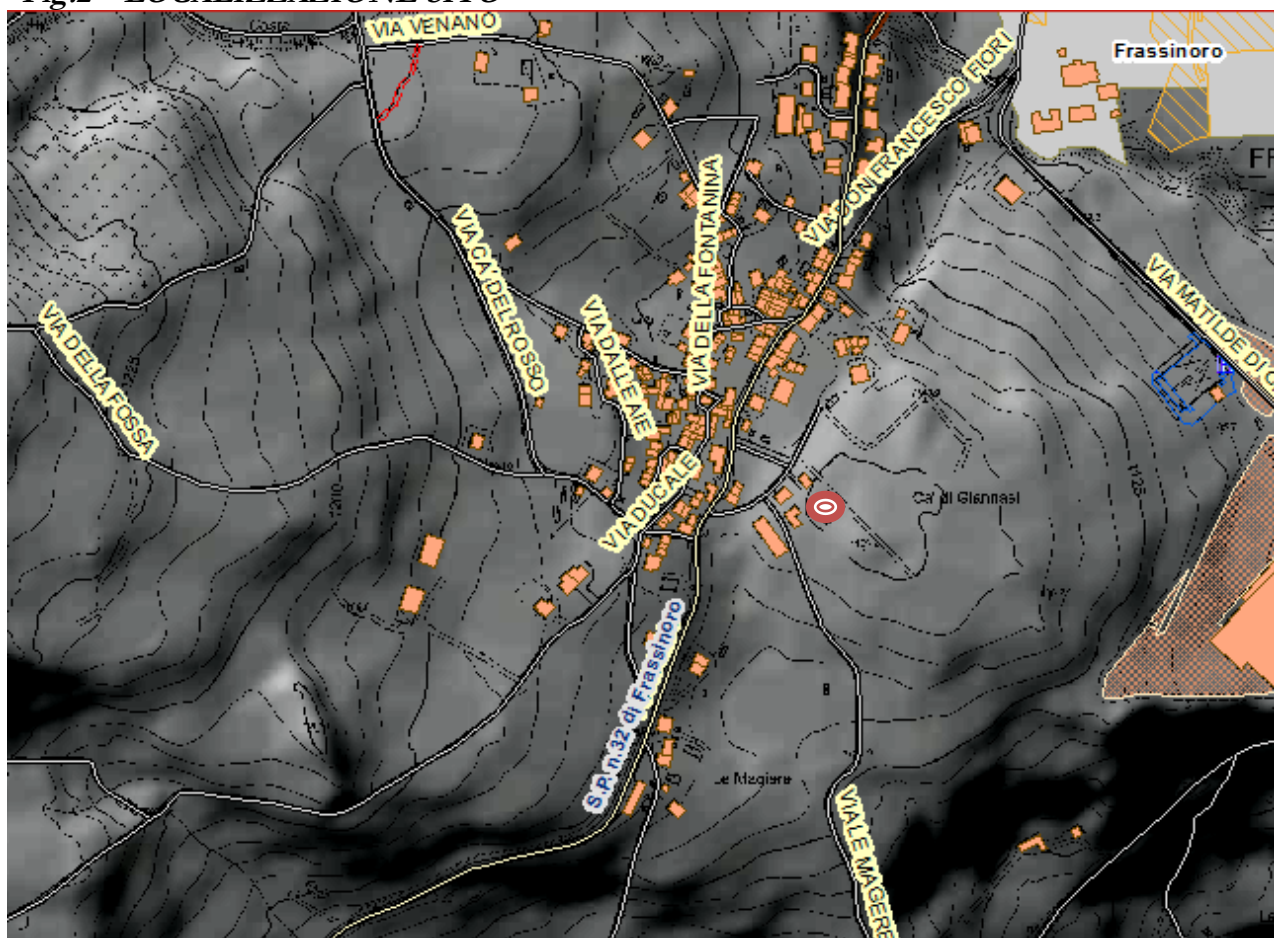
L'area studiata si trova presso l'abitato di Frassinoro, in località "Ca' di Giannasi" al limite del perimetro attualmente urbanizzato; essa è rintracciabile sui seguenti documenti topografici:

Cartografia C.T.R.: Foglio 1:25.000 235 SE Pievepelago; Sezione 1:10.000 - 235110 Frassinoro.

Cartografia I.G.M.: Foglio 1:100.000 n. 97 S. Marcello Pistoiese; Tavoleta 1:25.000 IV NO Frassinoro.

Cartografia CATASTALE: Foglio 36; Mappali 317, 307.

Fig.2 – LOCALIZZAZIONE SITO



Estratto da GEOWIEW ER, (scala 1: 5000)

Cap. 3 GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE

3.1- Carta geologica Regione Emilia Romagna

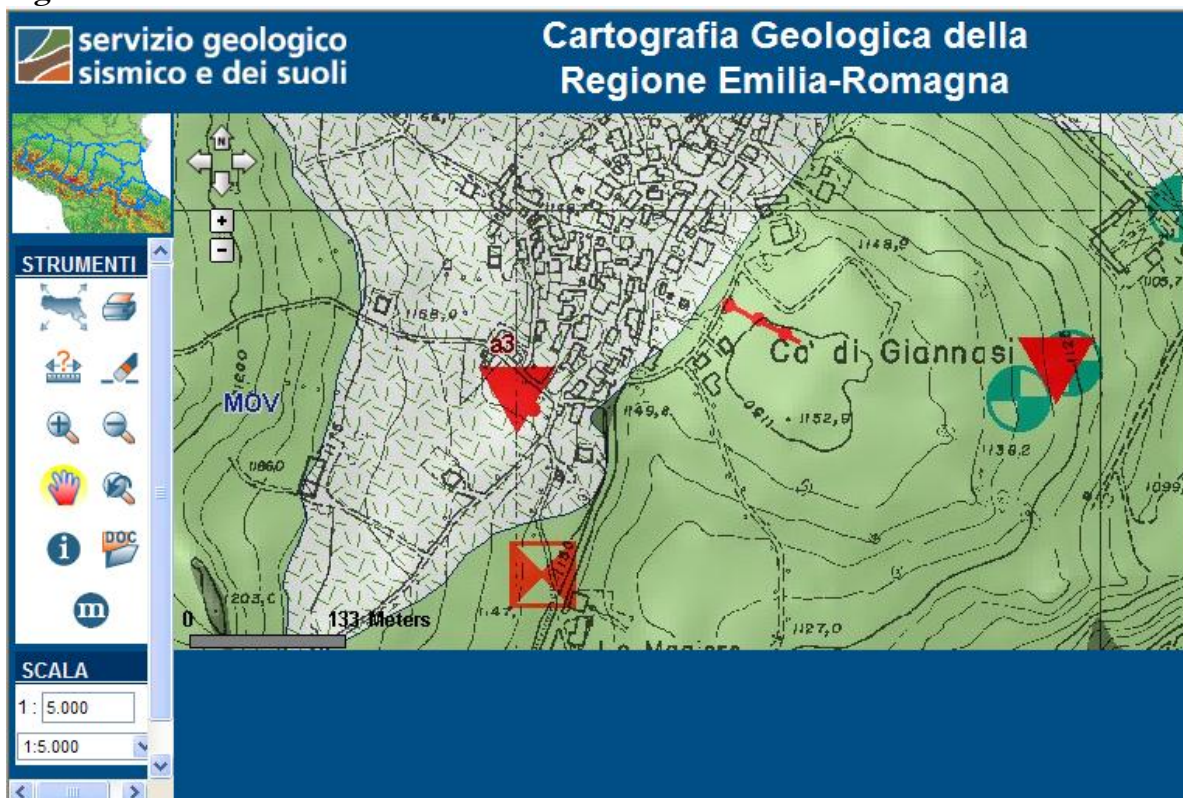
Dal punto di vista geologico, nella zona affiorano terreni appartenenti al **dominio Ligure**. Nello specifico dell'area di variante sono presenti terreni attribuibili al Gruppo della formazione di M. Venere quali:

Formazione di Monte Venere (MOV):

Si tratta di ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P > 1/3$.

Fig.3 – CARTOGRAFIA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5.000



LEGENDA

Prove lineari

— prova MASW

Prove puntuali

• carotaggio continuo

• misure di microtremore a stazione singola (HVSr)

• prova dinamica con penetrom. superpesante (DPSH)

Coperture quaternarie (10K)

□ a3 - Deposito di versante s.l.

Unità geologiche (10K)

■ MOV - Formazione di Monte Venere

3.2- Geologia rilevata

Il centro abitato di Frassinoro è posto alla quota di 1131 m e riposa sopra una serie di grandi ripiani, rappresentati da ammassi rocciosi raccordati tra loro; questi ultimi sono costituiti da un flysch calcareo (assimilabile al Flysch di M. Venere, MOV – creta sup.) che affiora con continuità dal fondovalle fino alla zona di crinale. Si tratta di torbiditi calcareo marnose di colore grigio (nocciola se alterate) cui seguono marne ed argille chiare nella porzione superiore degli strati. A luoghi si intercalano potenti pacchi costituiti da strati arenaceo – calcarei ed argille nerastre in strati da sottili a medi. Lo spessore degli strati litoidi varia dai 20 cm ai 2 metri; leggermente superiore è lo spessore delle porzioni marnose. Nelle vicinanze del sito tale unità si presenta in giacitura normale con inclinazione media di circa 20°.

Dal punto di vista morfologico l'intero versante appare caratterizzato da una struttura a Gradoni, dove i grandi ripiani rocciosi su cui è insediato l'abitato sono tra loro raccordati tramite versanti decisamente più acclivi.

3.3 - Dettaglio del Sito

L'area oggetto di studio si trova, in posizione di sommità sopra un largo ripiano roccioso che appare in **condizioni di stabilità**.

Dal punto di vista stratigrafico il substrato roccioso è ricoperto da una coltre di terreno detritico, costituito dal disfacimento naturale della formazione fliscioide e da depositi colluviali.

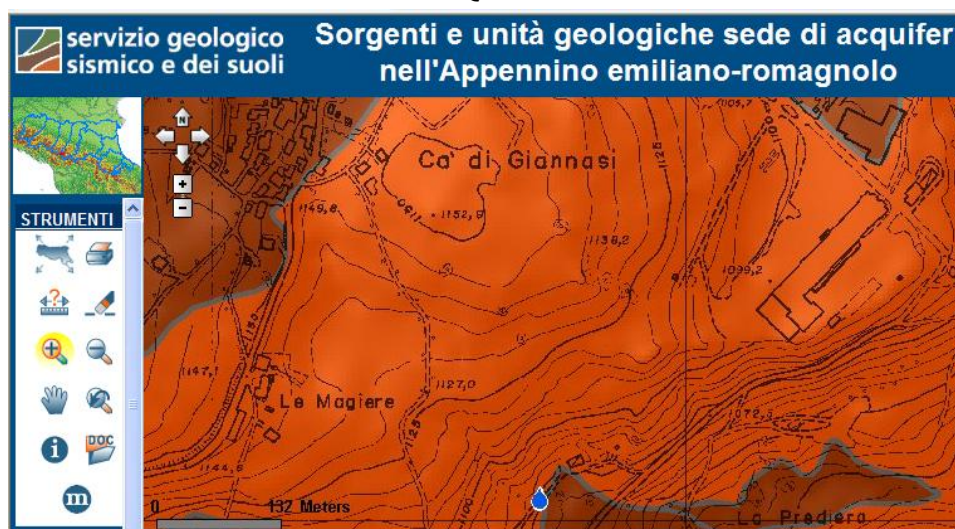
3.4 - Idrogeologia

La formazione rocciosa affiorante presso il sito è una roccia magazzino, ovvero un terreno in cui, pur non essendo presente una falda, possono esservi movimenti stagionali di acqua, in relazione alla piovosità.

Tuttavia è bene precisare che sia i sondaggi svolti dallo scrivente sia quelli riportati dalla cartografia geologica regionale, non evidenziamo la presenza di acqua nei dintorni del sito a profondità di interesse per opere fondali.

Fig.4 – **CARTOGRAFIA SORGENTI E ACQUIFERI REGIONALE**

Scala 1:5.000



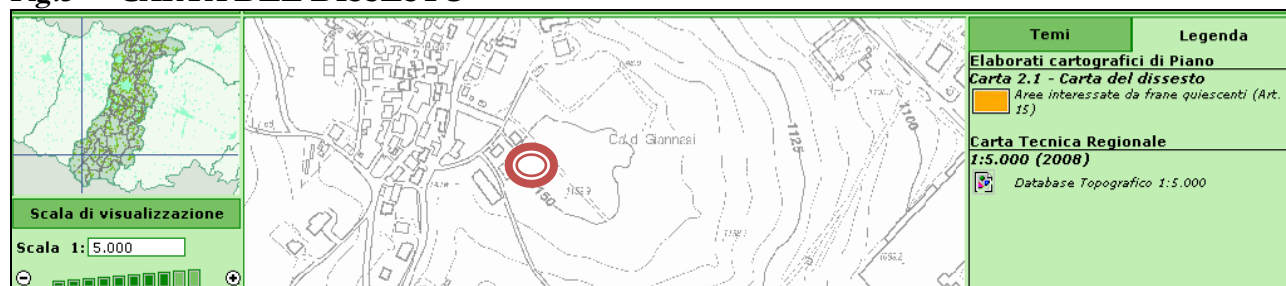
LEGENDA

	Sorgenti 10k
Coperture di versante, su ammassi rocciosi	
	cop1a - Coperture detritiche di versante, associate ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'
Ammassi rocciosi	
	ar1 - Ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'

Cap. 4 CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE

4.1 – PTCP, Carta del Rischio da Frana

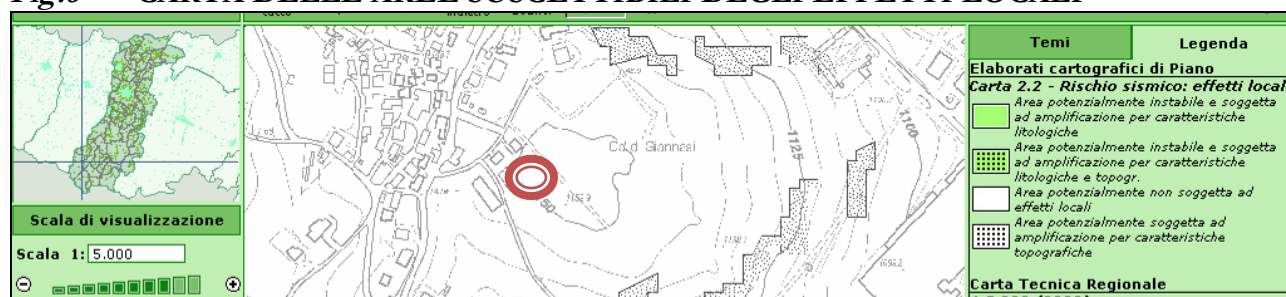
Fig.5 – CARTA DEL DISSESTO



L'area **non è interessata** da alcun tipo di dissesto e quindi non risulta soggetta alle limitazioni dell'art. 15

4.2 – PTCP, Rischio Sismico

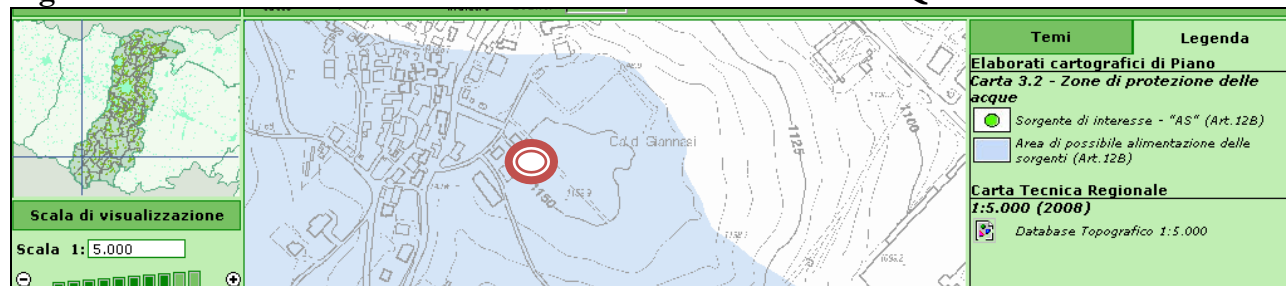
Fig.6 – CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DEGLI EFFETTI LOCALI



Il lotto esaminato ricade in una zona classificata come “**Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali**”, la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico viene descritta nel capitolo 6.

4.3 – PTCP, Protezione delle acque

Fig.7 – CARTA DELLE ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE



Il sito ricade in un'area di possibile alimentazione delle sorgenti ed è pertanto soggetta alle limitazioni dell'art. 12B.

Cap. 5 - STRATIGRAFIA, PARAMETRI GEOTECNICI

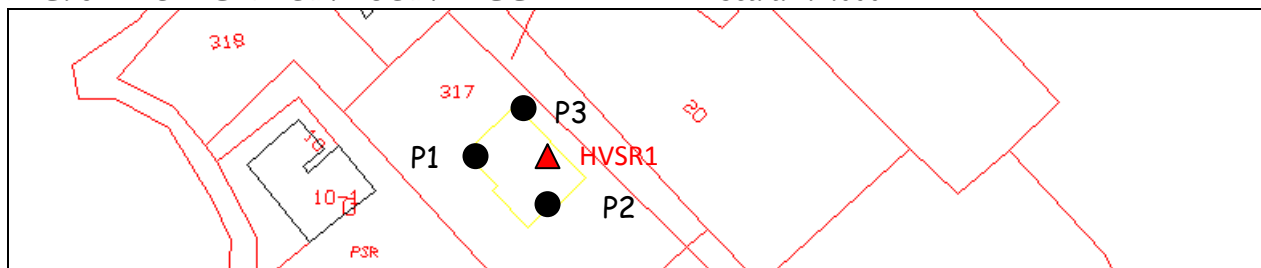
La stratigrafia del sito è stata delineata in fase di progetto del costruendo edificio (parzialmente visibile nella Foto 1), mediante la realizzazione di n. 3 prove penetrometriche DPM e 1 prospezione sismica HVSR.

L'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche evidenzia la presenza di un Flysch, cioè di un'alternanza di strati argillosi coesivi con strati "rocciosi". L'analisi dei valori di picco della resistenza alla penetrazione indica però che, nei primi metri di terreno, il substrato roccioso appare disgregato e fratturato, in seguito a fenomeni di alterazione naturali. Si rileva così la presenza disordinata di trovati rocciosi frammisti a terreni detritici di natura sia coesiva sia litoide.

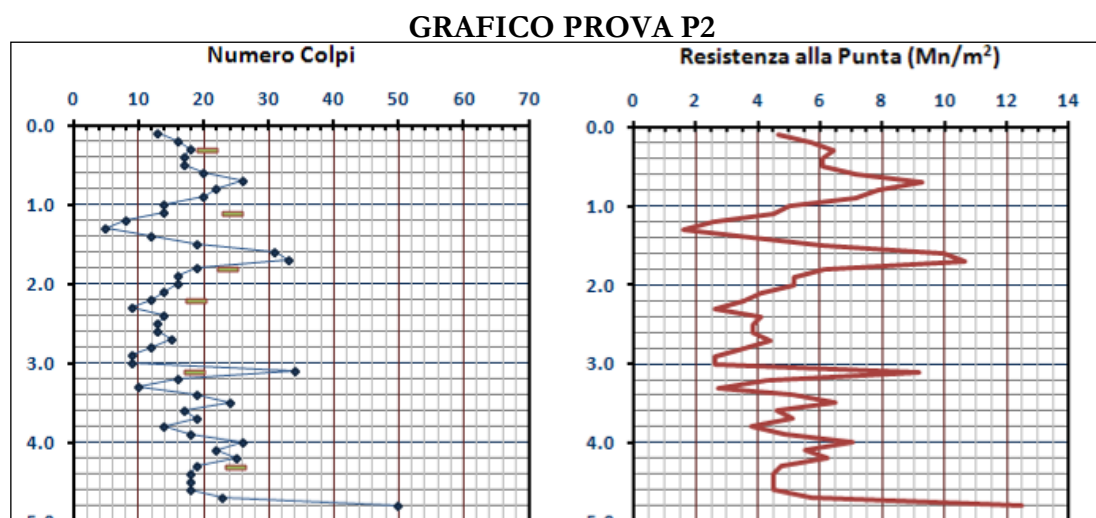
In sostanza il terreno di fondazione nel suo insieme può essere considerato come un buon terreno detritico piuttosto che come un terreno roccioso in posto.

L'analisi sismica conferma la presenza di terreno compatto, con caratteristiche meccaniche crescenti in profondità, a partire da circa 4,2 m, evidenziando uniformità con le prove penetrometriche.

FIG. 8 UBICAZIONE SONDAGGI scala 1:2.000



La prova penetrometrica più prossima alla zona di variante è la P2. Di seguito ne viene mostrato il grafico; la tabella corrispondente è invece riportata in ALLEGATO:



PARAMETRI GEOTECNICI

L'elaborazione delle prove penetrometriche ha permesso la ricostruzione dei seguenti parametri geotecnici:

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

COMMITTENTE: BIONDINI ROBERTO						LOCALITA': FRASSINORO					
COMUNE: FRASSINORO						DATA: 06/08/2007					
NOME FILE BIONDINI						PENETROMETRO DPM					
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ_v' [kN/m ²]	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
0.3	15.7	20.4	32.4	14460	22	136	12220	234	3.80	5588	279
1.1	18.8	24.4	34.0	17306	97	163	14625	280	14.25	6627	331
1.8	18.1	23.6	32.7	16746	136	158	14151	271	28.50	5846	292
2.2	14.5	18.9	31.8	13384	149	126	11310	216	38.95	4487	224
3.1	14.2	18.5	31.1	13127	194	124	11093	212	51.30	4088	204
4.3	19.1	24.8	34.0	17614	382	166	14885	285	71.25	5042	252

H = Profondità del letto dello strato elementare

N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento

Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)

$\phi^0 = N_{spt} < 30 (15 \cdot N_{spt})^5 + 15; N_{spt} > 30 - 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26$. (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)

Mo = $710 \cdot N_{spt}$ [Modulo Confinato] [kN/m²] (Farrent)

Qa₁ = $(h \cdot \gamma' \cdot N_q) / 3$ [kN/m²] (Carico ammissibile - Terzaghi semplificata)

Ed = $600 \cdot N_{spt}$ [Modulo Edometrico] [kN/m²] (Stroud & Butler)

Cu = $6.7 \cdot N_{spt}$ [kN/m²] (Terzaghi)

Qa₂ = $(Cu \cdot N_c) / 3$ [kN/m²] (Carico ammissibile - Terzaghi semplificato)

Rdp = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$ [kN/m²] (Formula degli Olandesi)

Qa₃ = $Rdp / 15 \pm 30$; $Rdp / 20$ [kN/m²] (Carico ammissibile, Sanglerat)

PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO (fondaz. Superficiali)

COMMITTENTE: BIONDINI ROBERTO						LOCALITA': FRASSINORO					
COMUNE: FRASSINORO						DATA: 06/08/2007					
NOME FILE BIONDINI						PENETROMETRO DPM					
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	Cum [kN/m ²]	dev stand	Cuk [kN/m ²]	Cud [kN/m ²]
0.3	15.7	20.4	3	32.4	4.9	30.1	28.4	136	130.5	174	124
1.1	18.8	24.4	8	34.0	1.9	32.6	27.1	163	35.7	138	98
1.8	18.1	23.6	7	32.7	5.4	28.4	23.4	158	94.1	83	60
2.2	14.5	18.9	4	31.8	1.1	30.5	25.2	126	16.7	103	73
3.1	14.2	18.5	9	31.1	3.5	28.8	23.8	124	67.6	79	57
4.3	19.1	24.8	12	34.0	2.3	32.8	27.3	166	40.6	144	103

LEGENDA

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]

Cum = Dato medio della coesione non drenata

Cuk = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

Cud = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

(continua PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO)

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	M _{Om} [kN/m ²]	dev stand	M _{Ok} [kN/m ²]	M _{Od} [kN/m ²]	Ed _m [kN/m ²]	dev stand	Ed _k [kN/m ²]	Ed _d [kN/m ²]
0.3	15.7	20.4	3.0	14460	13830	18419	18419	12220	11687	15565	15565
1.1	18.8	24.4	8.0	17306	3782	14598	14598	14625	3196	12337	12337
1.8	18.1	23.6	7.0	16746	9976	8832	8832	14151	8430	7464	7464
2.2	14.5	18.9	4.0	13384	1767	10886	10886	11310	1494	9199	9199
3.1	14.2	18.5	9.0	13127	7161	8419	8419	11093	6052	7115	7115
4.3	19.1	24.8	12.0	17614	4302	15285	15285	14885	3635	12917	12917

LEGENDA

- Num= Numero dei dati presi in considerazione per ogni strato
M_{Om}= Media del Modulo Confinato
M_{Ok}= Valore Caratteristico del Modulo Confinato (5° percentile di distribuzione della media)
M_{Od}= Valore di Progetto del Modulo Confinato
Ed_m= Media del Modulo Edometrico
Ed_k= Valore Caratteristico del Modulo Edometrico (5° percentile di distribuzione della media)
Ed_d= Valore di Progetto del Modulo Edometrico

Cap. 6 - RELAZIONE SISMICA

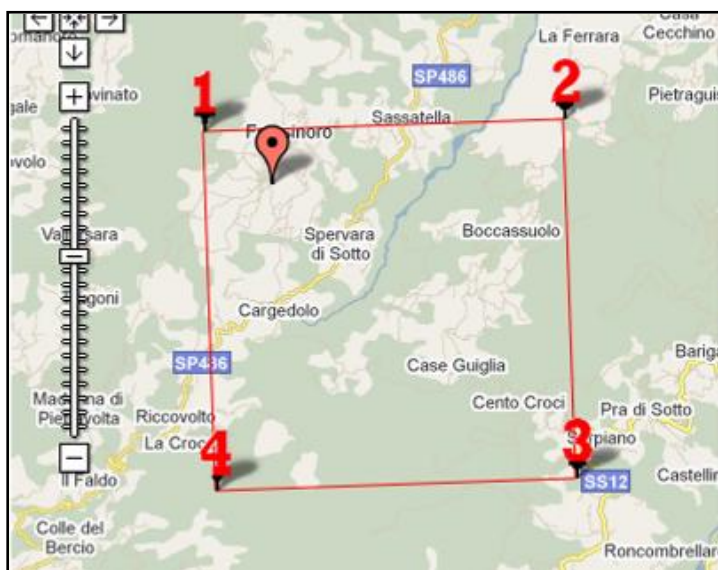
In seguito alla classificazione sismica proposta dall'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ed al D. M. 14/01/2008 recante *norme tecniche per le costruzioni*, il **Comune di Frassinoro ricade in zona 2**.

Decreti fino al 1984	GdL 1988	Classificazione 2003
sismicità alta, S = 12	prima categoria	Zona 1
sismicità media, S = 9	seconda categoria	Zona 2
sismicità bassa, S = 6	terza categoria	Zona 3

6.1 Pericolosità sismica di base del sito

Secondo il D.M. 14/01/2008 il calcolo dell'azione sismica dipende innanzitutto dalla posizione geografica del sito. La normativa fornisce per **10751** punti del *reticolo di riferimento* 9 valori del periodo di ritorno TR (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni).

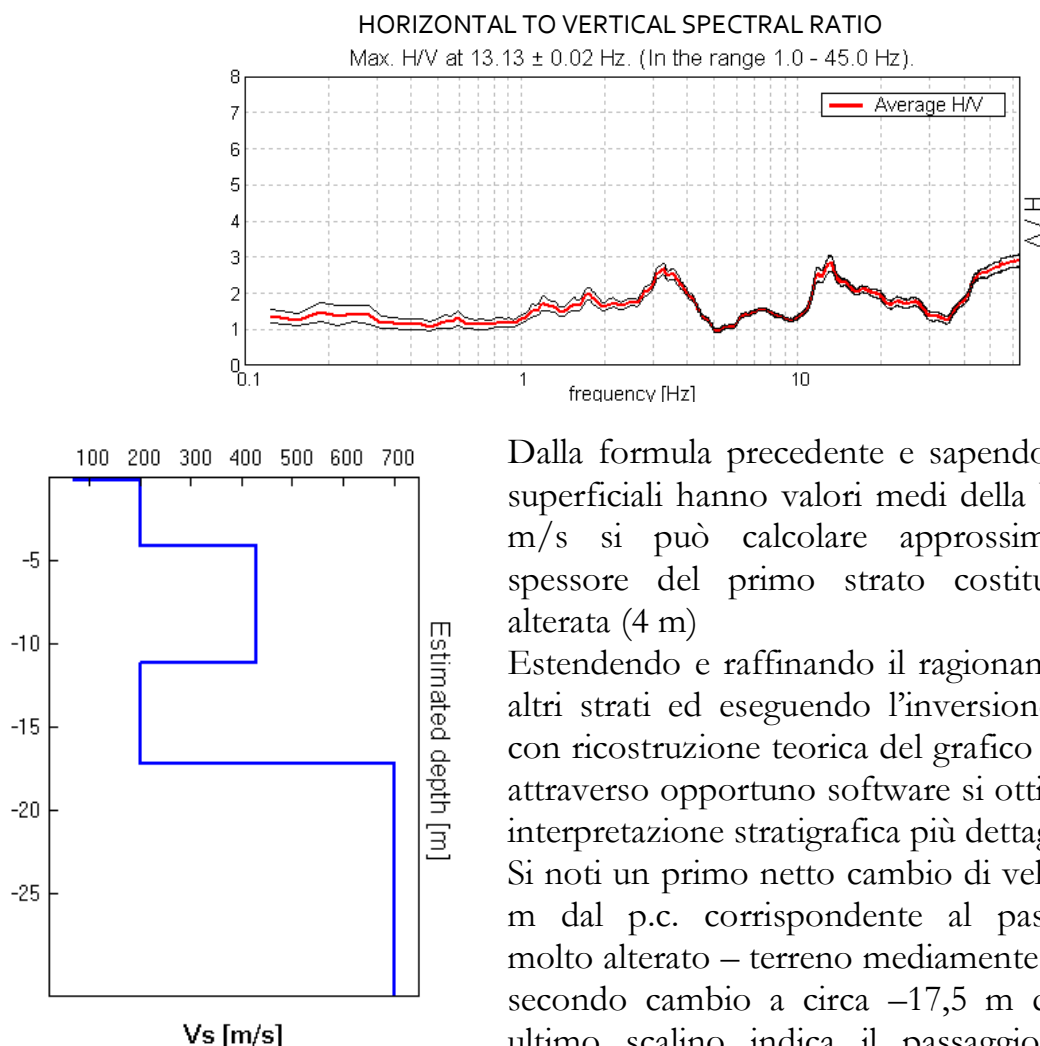
Introducendo le coordinate geografiche esatte dell'intervento si ottengono i parametri sismici di base dell'area (ag, Fo, Tc) e gli spettri di risposta elastici di base per i periodi TR di riferimento.



Questi ultimi non tengono conto degli effetti determinati dall’*“amplificazione sismica locale”* e dal tipo di *“prestazioni”* previste per l’edificio in progetto, che vengono pertanto dimensionati nei paragrafi successivi.

6.2 Amplificazione stratigrafica

Ai sensi della normativa vigente la classificazione del suolo avviene in base alla velocità delle onde S nel terreno, entro i primi 30 m di profondità dal p.c. Per determinare tale valore (denominato **Vs 30**), in data 06/08/2007, è stata eseguita, presso il sito, una prospezione sismica mediante sismografo a stazione singola della Micromed (tromino). La misura si basa sulla registrazione dei microtremori tramite i rapporti spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali e verticali del moto (Noghoishi e Igarashi 1970). La frequenza fondamentale di risonanza (Fr) dello strato relativa alle onde S è pari a: $Fr = Vs / (4 \cdot h)$. Dal grafico che segue si possono osservare quattro picchi che corrispondono agli strati di terreno identificati (strato alterato, strato a media densità, substrato e substrato compatto).



Dalla formula precedente e sapendo che i depositi superficiali hanno valori medi della Vs di circa 200 m/s si può calcolare approssimativamente lo spessore del primo strato costituito da roccia alterata (4 m)

Estendendo e raffinando il ragionamento a tutti gli altri strati ed eseguendo l’inversione della velocità con ricostruzione teorica del grafico delle frequenze attraverso opportuno software si ottiene la seguente interpretazione stratigrafica più dettagliata:

Si noti un primo netto cambio di velocità a circa –4 m dal p.c. corrispondente al passaggio terreno molto alterato – terreno mediamente alterato), ed un secondo cambio a circa –17,5 m dal p.c.; questo ultimo scalino indica il passaggio fra la roccia mediamente alterata e la roccia integra con Vs > 450 m/s.

In conclusione, dall'analisi delle Vs30 misurate con il sismografo, si ottiene un suolo con:

$$V_{s30} = 366 \text{ m/s.}$$

Determinata la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio (V_{s30}), ai sensi della normativa vigente si classifica il terreno di fondazione dell'intervento in progetto appartenente alla:

categoria "B" Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con $360 \text{ m/s} < V_{s30} < 800 \text{ m/s}$ (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ o coesione non drenata $c_u > 250 \text{ Kpa}$).

dove il coefficiente di amplificazione stratigrafica vale: **Ss = 1.2**

6.3 Amplificazione topografica

Dal punto di vista topografico il terreno rientra nella:

classe T1

T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

dove il coefficiente di amplificazione topografica vale: **St = 1.0**

6.4 Strategia di progettazione

La **vita nominale** di un'opera strutturale **VN** è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 **classi d'uso**, alle quali vengono associati i seguenti **coefficienti d'uso CU** :

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE CU	0.7	1.0	1.5	2.0

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un **periodo di riferimento VR** che si ricava, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:
VR = VN x CU

Ipotizzando la realizzazione di un nuovo manufatto ad uso abitazione civile, sono quindi attese le seguenti prestazioni:

vita nominale VN = 50 anni (opere ordinarie),

classe d'uso = II , (normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente)

coefficiente d'uso cu = 1,

vita di riferimento VR = VN x CU = 50 x 1 = 50 anni

6.5 Azione sismica di progetto

Combinando l'azione sismica di base (determinata dalla posizione geografica del sito) con gli effetti di amplificazione locale e le prestazioni attese dalla costruzione, si calcolano i parametri a_g , F_o , T_c , da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE** di **Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU** di **Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, come previsto dalla normativa vigente.

STATO LIMITE	Prob. Superamento (%)	T_R (anni)	A_g (g)	F_o (-)	T_c (s)
SLO operatività	81	30	0.061	2,471	0,249
SLD danno	63	50	0.077	2,450	0,260
SLV vita	10	475	0.181	2,485	0,291
SLC collasso	5	975	0.228	2,480	0,303

a_g è l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale. F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2. T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

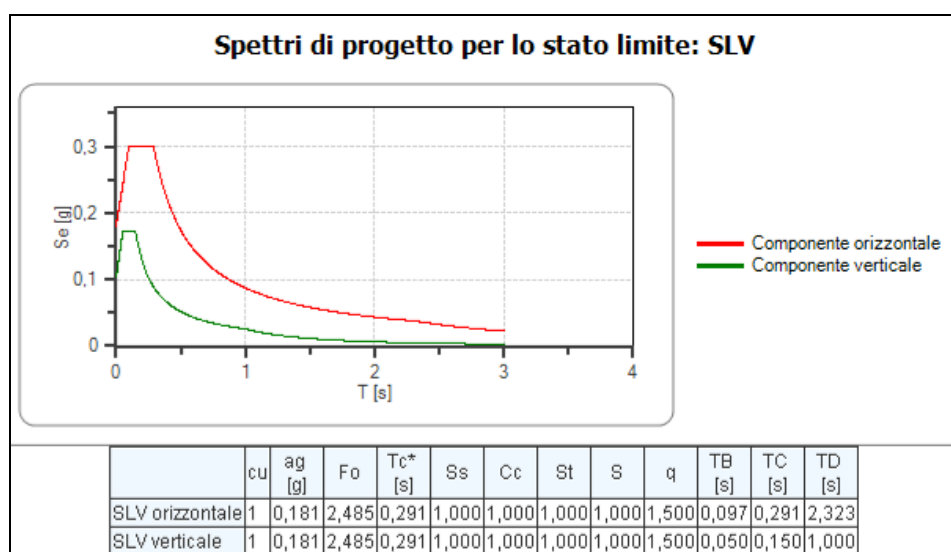
Nella sottostante tabella si riassumono i principali **Coefficienti sismici**:

	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	$Beta$ [-]
SLO	1,200	1,450	1,000	0,013	0,007	0,717	0,180
SLD	1,200	1,440	1,000	0,017	0,008	0,908	0,180
SLV	1,200	1,410	1,000	0,052	0,026	2,126	0,240
SLC	1,170	1,400	1,000	0,083	0,041	2,611	0,310

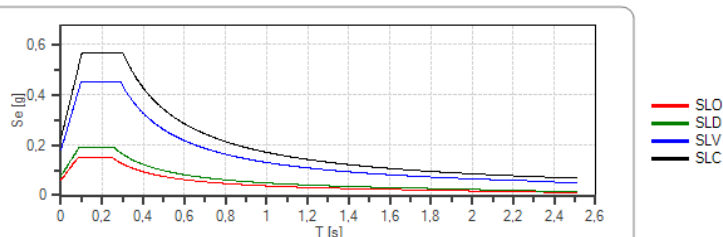
S_s = amplificazione stratigrafica, C_c = coefficiente che modifica il valore del periodo T_c , K_h = coefficiente sismico orizzontale, K_v = coefficiente sismico verticale, S_t = amplificazione topografica, A_{max} = accelerazione massima in superficie

Ne risultano i seguenti **spettri di progetto ed elastici** :

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PV/R.

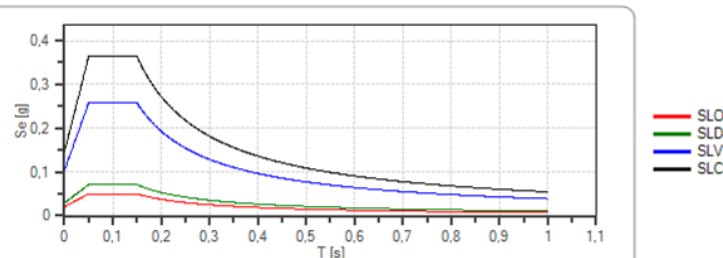


Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,061	2,471	0,249	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,083	0,249	1,844
SLD	1	0,077	2,450	0,260	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,087	0,260	1,909
SLV	1	0,181	2,485	0,291	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,097	0,291	2,323
SLC	1	0,228	2,480	0,303	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,101	0,303	2,510

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,061	2,471	0,249	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,077	2,450	0,260	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,181	2,485	0,291	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,228	2,480	0,303	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c T_D}{T^2} \right)$$

6.6 Accelerazione massima in superficie

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima ($a_{\max}$) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di $a_{\max}$ può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s ed S_t sono rispettivamente i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica. In questo caso riferendoci allo stato limite SLV si ottiene:

$$a_{\max} = 1.2 \times 1 \times 0.181 \times g = 2,126 \text{ m/s}^2$$

6.7 Verifica a liquefazione

Le indagini svolte hanno escluso la presenza di orizzonti liquefacibili.

6.8 calcolo dei Fattori di Amplificazione (F.A.) sismica al suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura si ottiene con la seguente formula:

$$Vs_{MEDIA} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}} = 200 \text{ m/s}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura = 4.3 m
h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo = 4.3 m
Vs_i = velocità (in m/s) dello strato i-esimo = 200 m/s

Tenendo conto delle prove penetrometriche e sismiche realizzate sul sito si determina lo spessore dello strato di copertura a 4,3 m.

Attraverso il dato ottenuto, con l'ausilio delle tabelle allegate alla deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna si determinano i fattori di amplificazione per le caratteristiche litologiche, che valgono:

F.A. P.G.A. (Picco Accelerazione Gravitazionale) = **2,0**

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < T₀ < 0.5s = 1,7

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < T₀ < 1.0s = 1,4

Cap. 7 CONCLUSIONI

La presente relazione tratta dell'analisi di fattibilità di una variante del Piano Regolatore di Frassinoro (MO), per un lotto di terreno ubicato in località Ca' di Giannasi.

I dati relativi ai caratteri geologici, geotecnici e sismici del sito sono stati confrontati con le prescrizioni contenute nelle leggi e negli strumenti di pianificazione vigenti.

Si è rilevato che il sito è ubicato al margine meridionale del capoluogo e si trova sopra una dorsale costituita dalla Formazione di Montevenere (MOV) le cui caratteristiche meccaniche crescono con la profondità (si veda Cap. 3).

Il sito si trova in **condizioni di stabilità e non interferisce con acque di falda e/o superficiali**.

Dal confronto con il P.T.C.P. della Provincia di Modena si è riscontrato che la variante proposta **non rientra** nelle limitazioni d'uso del suolo previste dalle norme di Piano (si veda cap. 4).

La stratigrafia è stata ricostruita con l'ausilio di 3 prove penetrometriche DPM ed una prospezione sismica DPSH realizzate precedentemente sulla porzione edificabile del sito (si veda Cap. 5).

I dati ottenuti evidenziano la presenza di un primo strato, profondo fino a circa 4,3 m, costituito da materiale alterato dotato di discrete caratteristiche meccaniche, seguito da terreno in posto con caratteristiche meccaniche crescenti).

Dal punto di vista sismico ne sono emersi i seguenti parametri (si veda cap. 6):

D. M. 14/01/2008

- | | |
|--|--------------------------------------|
| - cat. terreno di fondazione: | Cat. "B" ($V_{s30}=366\text{m/s}$) |
| - coefficiente di amplificazione stratigrafica | $S_s = 1.2$ |
| - classe topografica T1, coefficiente di amplificazione topografica, | $S_t = 1.0$ |
| - accelerazione max in superficie per SLV | $a_{\max} = 2,126 \text{ m/s}^2$ |

Deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna

- velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura: $V_s \text{ media} = 200 \text{ m/s}$
- fattori di amplificazione:

F.A. P.G.A. = 2,0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1\text{s} < T_0 < 0.5\text{s} = 1,7$,

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5\text{s} < T_0 < 1.0\text{s} = 1,4$

i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima), F_o (fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima), T_c (periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro) e gli **spettri elastici di progetto**, da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE di Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU di Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, sono stati dimensionati ipotizzando la realizzazione di un manufatto con CU (classe d'uso) = II e VN (Vita Nominale) = 50 anni. La loro quantificazione dovrà ovviamente essere rivista in fase esecutiva in rapporto alle effettive prestazioni del manufatto.

In conclusione, l'area osservata si trova in condizione di **stabilità** e la realizzazione di eventuali interventi edilizi non produrrà variazioni degli equilibri esistenti.

Per la definizione del tipo di fondazioni da adottare e relativi carichi applicati, si attende un progetto esecutivo che **andrà corredato da specifica campagna geognostica**.

Considerata la non interferenza con acque superficiali e con altre limitazioni di carattere legislativo, **si ritiene verificata la fattibilità geologica, geotecnica e sismica della richiesta variante al Piano Regolatore di Frassinoro (MO)**, relativamente al lotto esaminato.

DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI
ISCRITTO ALL'ORDINE REGIONALE DEI
GEOLOGI CON IL NUMERO 558

Si rilascia l'assenso per l'uso di tale relazione da parte del Comune per scopi di tipo pianificatorio.

ALLEGATI

• Prove penetrometriche DPM

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

SUNDA DL030

M	30.00	Kg	Peso massa battente
H	20.00	cm	Altezza di caduta
A	10.00	cmq	Area della punta conica
La	100	cm	Lunghezza asta
Ma	2.400	Kg	Peso totale
d	10	cm	Passo di avanzamento

TABELLA PROVA PENETROMETRICA DPM **P2**

COMUNE: FRASSINORO						DATA: 06/08/2007						
NOME FILE BIONDINI2						PENETROMETRO DPM				FALDA NO		
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			σ_v' [kN/m ²]	Asta	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]				
0.10	13	16.9	30.9	11999	47	113	10140	195	1.9	1	4637	232
0.20	16	20.8	32.7	14768	66	139	12480	240	3.8	1	5707	285
0.30	18	23.4	33.7	16614	89	157	14040	271	5.7	1	6420	321
0.40	17	22.1	33.2	15691	102	148	13260	256	7.6	1	6063	303
0.50	17	22.1	33.2	15691	119	148	13260	257	9.5	1	6063	303
0.60	20	26.0	34.7	18460	157	174	15600	302	11.4	1	7133	357
0.70	26	33.8	37.0	23998	225	226	20280	392	13.3	1	9273	464
0.80	22	28.6	35.7	20306	219	192	17160	333	15.2	1	7847	392
0.90	20	26.0	34.7	18460	218	174	15600	304	17.1	1	7133	357
1.00	14	18.2	31.5	12922	173	122	10920	215	19.0	1	4993	250
1.10	14	18.2	31.5	12922	187	122	10920	216	20.9	2	4511	226
1.20	8	10.4	27.5	7384	140	70	6240	127	22.8	2	2578	129
1.30	5	6.5	24.9	4615	121	44	3900	83	24.7	2	1611	81
1.40	12	15.6	30.3	11076	203	105	9360	188	26.6	2	3867	193
1.50	19	24.7	34.2	17537	323	165	14820	293	28.5	2	6123	306
1.60	31	40.3	38.6	28613	570	270	24180	473	30.4	2	9989	499
1.70	33	42.9	39.2	30459	650	287	25740	503	32.3	2	10634	532
1.80	19	24.7	34.2	17537	380	165	14820	295	34.2	2	6123	306
1.90	16	20.8	32.7	14768	336	139	12480	251	36.1	2	5156	258
2.00	16	20.8	32.7	14768	352	139	12480	251	38.0	2	5156	258
2.10	14	18.2	31.5	12922	326	122	10920	222	39.9	3	4112	206
2.20	12	15.6	30.3	11076	300	105	9360	193	41.8	3	3525	176
2.30	9	11.7	28.2	8307	255	78	7020	149	43.7	3	2643	132
2.40	14	18.2	31.5	12922	368	122	10920	224	45.6	3	4112	206
2.50	13	16.9	30.9	11999	358	113	10140	210	47.5	3	3818	191
2.60	13	16.9	30.9	11999	371	113	10140	210	49.4	3	3818	191
2.70	15	19.5	32.1	13845	436	131	11700	241	51.3	3	4406	220
2.80	12	15.6	30.3	11076	372	105	9360	197	53.2	3	3525	176
2.90	9	11.7	28.2	8307	312	78	7020	153	55.1	3	2643	132
3.00	9	11.7	28.2	8307	322	78	7020	153	57.0	3	2643	132
3.10	34	44.2	39.5	31382	1203	296	26520	527	58.9	4	9180	459

3.20	16	20.8	32.7	14768	542	139	12480	259	60.8	4	4320	216
3.30	10	13.0	29.0	9230	377	87	7800	170	62.7	4	2700	135
3.40	19	24.7	34.2	17537	688	165	14820	305	64.6	4	5130	257
3.50	24	31.2	36.3	22152	908	209	18720	380	66.5	4	6480	324
3.60	17	22.1	33.2	15691	644	148	13260	276	68.4	4	4590	230
3.70	19	24.7	34.2	17537	745	165	14820	307	70.3	4	5130	257
3.80	14	18.2	31.5	12922	562	122	10920	233	72.2	4	3780	189
3.90	18	23.4	33.7	16614	738	157	14040	293	74.1	4	4860	243
4.00	26	33.8	37.0	23998	1121	226	20280	413	76.0	4	7020	351
4.10	22	28.6	35.7	20306	979	192	17160	354	77.9	5	5497	275
4.20	25	32.5	36.7	23075	1128	218	19500	400	79.8	5	6246	312
4.30	19	24.7	34.2	17537	861	165	14820	311	81.7	5	4747	237
4.40	18	23.4	33.7	16614	829	157	14040	296	83.6	5	4497	225
4.50	18	23.4	33.7	16614	847	157	14040	297	85.5	5	4497	225
4.60	18	23.4	33.7	16614	865	157	14040	298	87.4	5	4497	225
4.70	23	29.9	36.2	21229	1184	200	17940	373	89.3	5	5747	287
4.80	50	65.0	43.4	46150	3226	436	39000	777	91.2	5	12493	625

• Prospezione sismica HVSR

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

MICROMED TROMINO

Strumento: TRS-0016/01-06

Inizio registrazione: 06/08/07 10:37:09 Fine registrazione: 06/08/07 10:53:10

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

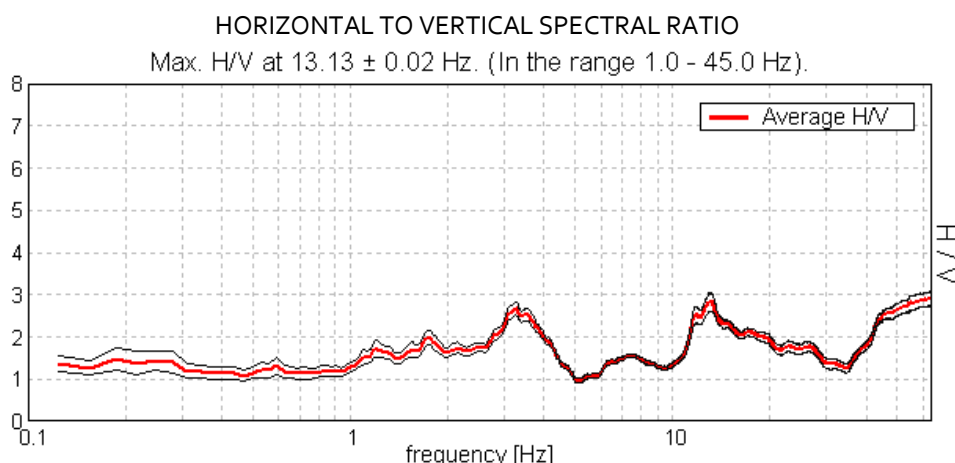
Durata registrazione: 0h16'00".

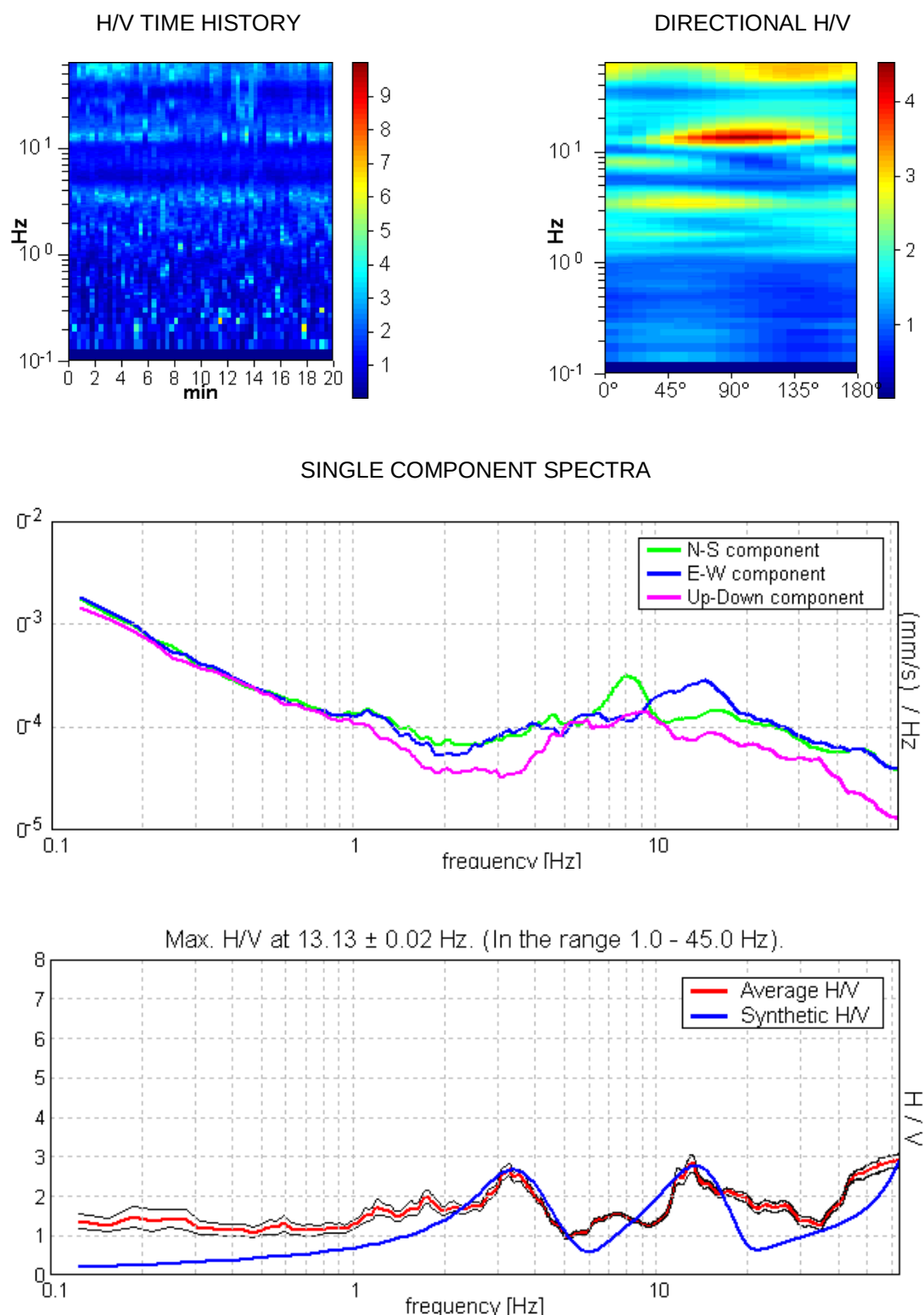
Freq. campionamento: 128 Hz

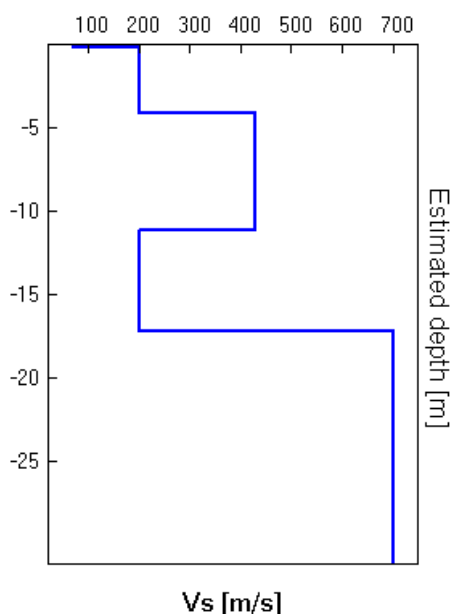
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%







	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Dens. [t/m ³]
1	0.2	164	70	1.7
2	4	469	200	1.9
3	7	1008	430	2.0
4	6	469	200	1.9
5	9	1642	700	2.0
6	0	1642	700	2.0
7				
8			Vs30=366m/s	
9				

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	13.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	15750.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 631 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	10.375 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	29.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.83 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.00091 < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.01193 < 0.65625	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.107 < 1.58	OK	

L_w	window length				
n_w	number of windows used in the analysis				
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles				
f	current frequency				
f_0	H/V peak frequency				
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency				
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$				
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0				
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f				
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$				
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided				
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve				
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

<i>Domanda</i>	n. 005
<i>Richiedente</i>	Palandri Domenico
<i>Foglio</i>	92
<i>Mappali</i>	30
<i>Tavola PRG</i>	5. 15

STUDIO GEOLOGICO PETRA

di Dott. Geol. Andrea Zanotti
 Piazza Matteotti, 37 - 41121 Modena - tel./fax +3959220030 - studiopetra@libero.it
 Codice fiscale ZNTNDR64E03I462U - Partita I.V.A. 02012030363

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO E RELAZIONE SISMICA

VARIANTE AL PIANO REGOLATORE DEL COMUNE DI
 FRASSINORO (MO): LOTTIZZAZIONE PRIVATA "PALANDRI
 DOMENICO", PIANDELAGOTTI.

REGIONE
 EMILIA – ROMAGNA



RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 11/03/1988, lettere A, B, H;
- Circolare LLPP 24/10/88 n. 30483;
- R.D. n. 3267/1923 e n. 1126/1926,
- L.R. 3/1999, direttiva regionale 117/2000 (Vincolo Idrogeologico)
- PTPC Provincia di Modena;
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino del Fiume PO;
- O.P.C.M. n. 3274/2003 (classificazione sismica territorio);
- D. A. L. n. 112/2007 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"
- D. M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni).
- Circolare C.S.LL.PP. 2/2/2009 n.617.

COMMITTENTE :
SIG. PALANDRI DOMENICO

IL TECNICO :
 DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI

MODENA 05/09/2012

RELAZIONI Frassinoro –variante 2012 Palandri Domenico

PUNTI TRATTATI

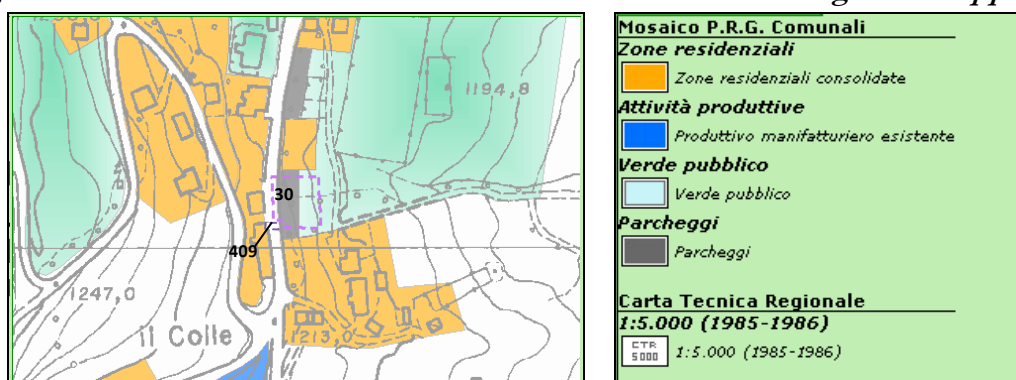
CAP. 1	INTRODUZIONE	pag. 2
CAP. 2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pag. 2
CAP. 3	GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE	pag. 3
CAP. 4	CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE	pag. 6
CAP. 5	STRATIGRAFIA PARAMETRI GEOTECNICI	pag. 7
CAP. 6	RELAZIONE SISMICA	pag. 9
CAP. 7	CONCLUSIONI	pag. 14
	ALLEGATI	pag. 16

Cap. 1 INTRODUZIONE

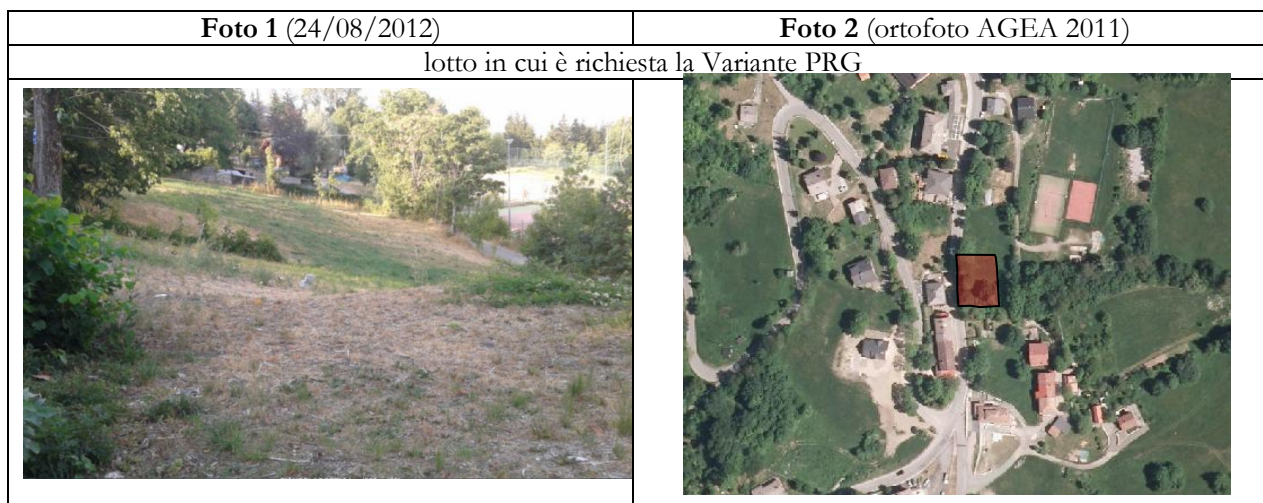
Su incarico della committenza, è stata eseguita la presente relazione con lo scopo di verificare le caratteristiche generali litostratigrafiche, geomeccaniche e sismiche di un'area del comune di Frassinoro, in relazione ad una richiesta di variante al Piano Regolatore comunale, per un lotto di terreno ubicato presso l'abitato di Piandelagotti in Via Centrale (S.P. 486), ad una quota media di circa 1210 m /s l m.

Come evidenziato dalla Fig. 1 l'area è interclusa tra zone residenziali consolidate ed è intenzione del Sig. Palandri ottenere l'edificabilità nei terreni distinti al catasto al fg. 92, mappali 30 - 409 (si veda Fig. 1 e Foto 2).

Fig.1 - ZONIZZAZIONE PRG FRASSINORO. Rif. Catasto: Foglio 92 mappali 30 - 409



Estratto da SISTEMONET, Mosaico P.R.G. comunali 2002 (scala 1:5.000)



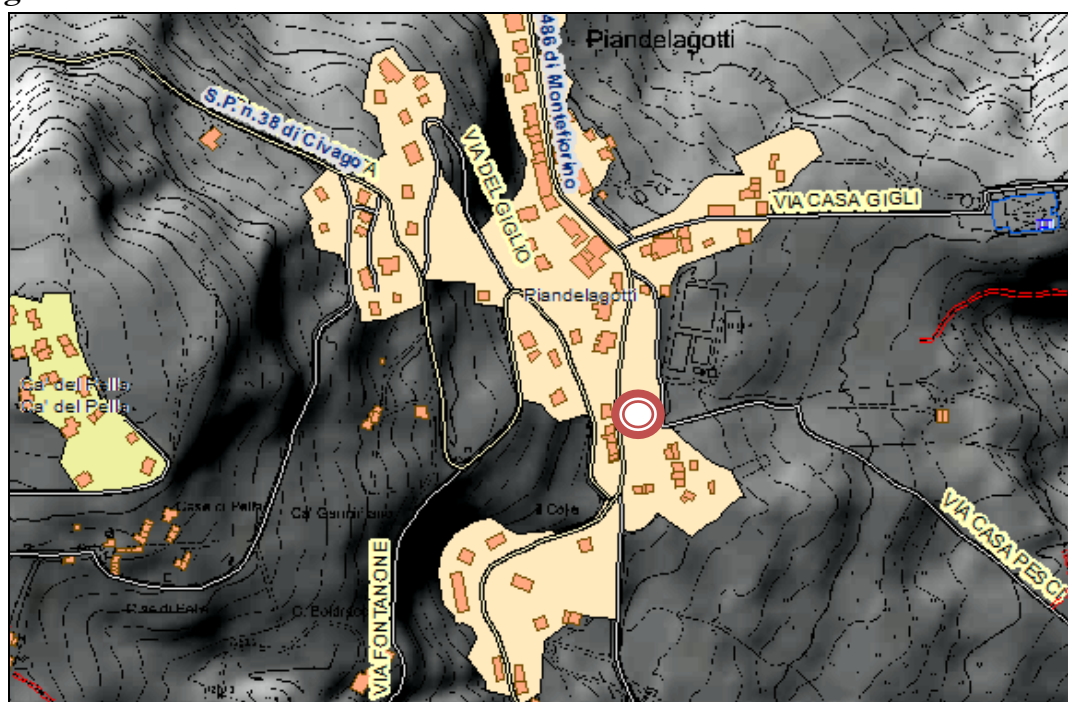
Cap. 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area studiata si trova nella zona meridionale dell'abitato di Piandelagotti, in Via Alpina (S.P. 486); essa è rintracciabile sui seguenti documenti topografici:

Cartografia C.T.R.: Foglio 1:25.000 235 SE Pievepelago; Sezione 1:10.000 - 235150 Piandelagotti.

Cartografia CATASTALE: Foglio 92; Mappale 30 - 409.

Fig.2 – LOCALIZZAZIONE SITO



Estratto da GEOWIEWER, (scala 1: 5000)

Cap. 3 GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE

3.1- Carta geologica Regione Emilia Romagna

Secondo il documento regionale il sito si trova, sopra degli affioramenti quaternari denominati:

➤ *Depositi glaciali e periglaciali (c3)*

Questi sono costituiti da terreni detritici incoerenti anche grossolani inglobati in una matrice argillosa. Essi sono sovrapposti a terreni appartenenti al Dominio Ligure costituiti da:

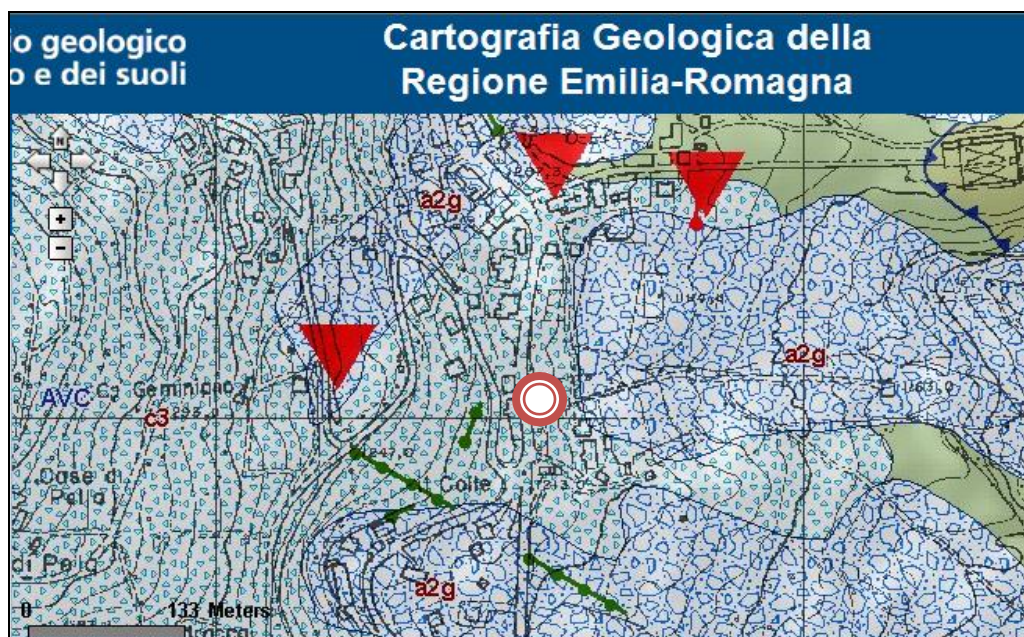
➤ *Argilliti variegata con calcari (AVC)*

Si tratta di argille intensamente tettonizzate, costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione ("argille scagliose").

In aree esterne al sito, negli impluvi, si rinviene la presenza di depositi quaternari costituiti da frane quiescenti di tipologia complessa (**a2g**) mentre nelle zone di dislivello (per es. zona cimitero) affiorano i terreni fliscoidi della Formazione di M. Caio (**CAO**). Questi ultimi presentano un contatto meccanico di sovrascorrimento con le sovrastanti AVC.

Fig.3 – CARTOGRAFIA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5.000



LEGENDA

Prove lineari
→ prova MASW
→ prova sismica a rifrazione
Prove puntuali
• misure di microtremore a stazione singola (HVSr)
Coperture quaternarie (10K)
a2g - Deposito di frana quiescente complessa
c3 - Deposito glaciale e periglaciale
Limiti di unità geologiche (10K)
— limite di natura incerta
▼ sovrascorrimento certo
Unità geologiche (10K)
■ AVC - Argilliti variegate con calcari
■ CAO - Flysch di Monte Caio

3.3 - Dettaglio del Sito

Come meglio specificato nel capitolo 5 l'area in esame è stata profondamente studiata dal sottoscritto per conto dell'U.O. 2.9 del GNCDI – CNR, in occasione della redazione dell' *Atlante Dei Centri Abitati Instabili Della Provincia Di Modena* e della *Proposta di una carta del rischio da frana per il centro abitato di Piandelagotti – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle catastrofi Idrogeologiche- 1993*.

Tali studi evidenziano che il sito riposa sopra un breve versante di raccordo tra la strada provinciale e la sottostante area pianeggiante, in cui trovano collocazione gli impianti sportivi (campo tennis, calcetto, ecc.) ed il parco giochi, e si trova in **condizioni di stabilità**.

Non esistono né notizie storiche di frane né tracce di movimenti gravitativi presso l'area di interesse, a differenza della porzione centro settentrionale dell'abitato dove, a partire dall'albergo Alpino, erano state rilevate evidenti lesioni sul 50 % circa delle strutture.

Dal punto di vista strettamente geologico si evidenzia la presenza del substrato argillitico (AVC) già a pochi decimetri di profondità dal p.c.

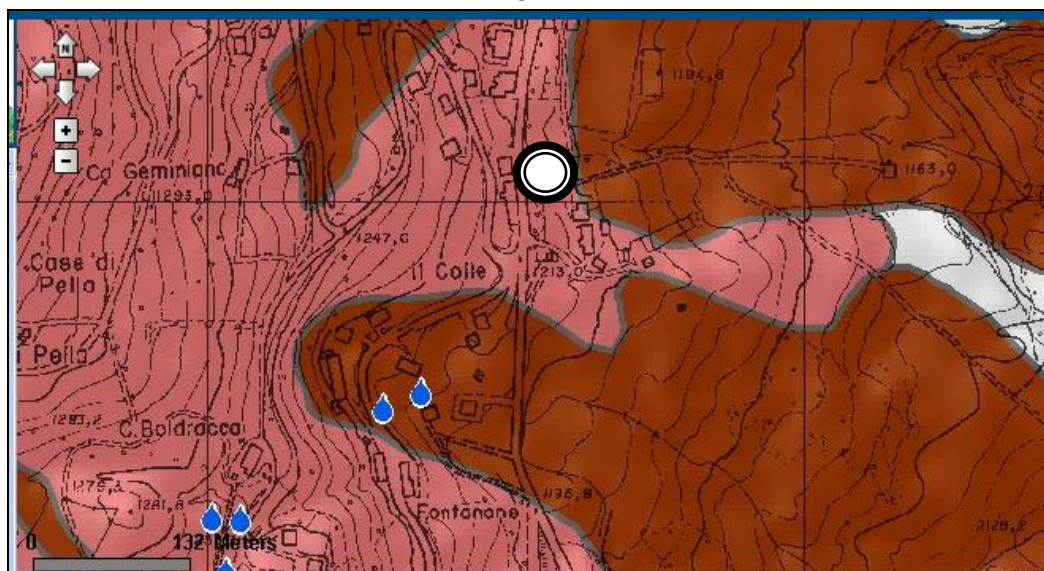
3.4 - Idrogeologia

I terreni affioranti presso il sito sono definiti come *Depositi morenici associati ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'*, ovvero un substrato in cui, pur non essendo presente una falda, possono esservi movimenti stagionali di acqua, in relazione alla piovosità.

Nei sondaggi svolti nei dintorni del sito non si è rilevata la presenza di acqua (si veda l'ubicazione in Fig.8).

Fig.4 – CARTOGRAFIA SORGENTI E ACQUIFERI REGIONALE

Scala 1:5.000



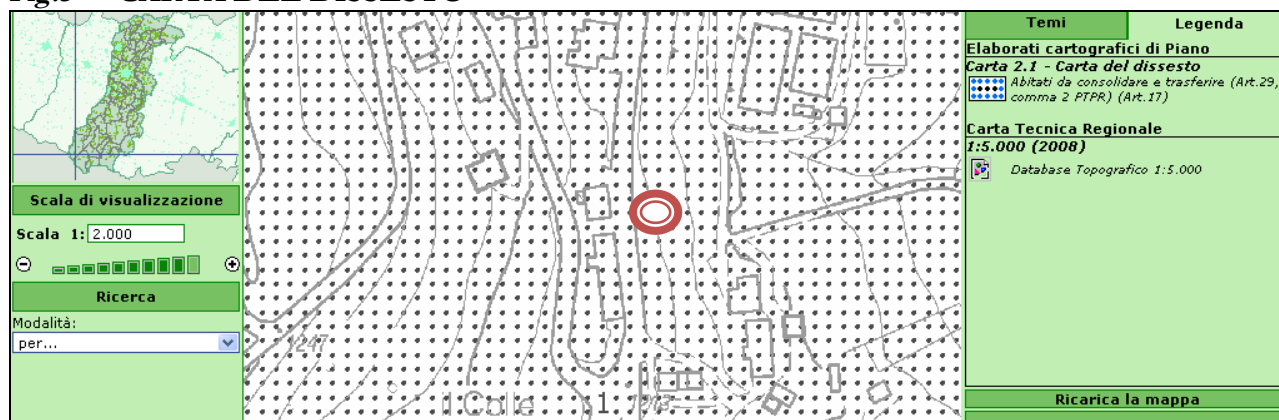
LEGENDA

	Sorgenti 10k
Coperture di versante, su ammassi rocciosi	
	cop1a - Coperture detritiche di versante, associate ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'
Depositi morenici	
	cop1c - Depositi morenici associati ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'
Ammassi rocciosi	
	ar1 - Ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'

Cap. 4 CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE

4.1 – PTCP, Carta del Rischio da Frana

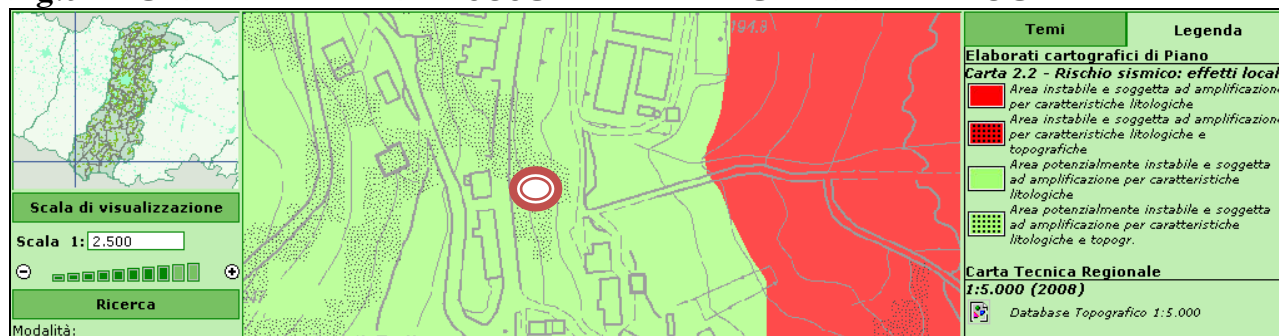
Fig.5 – CARTA DEL DISSESTO



L'area si trova all'interno del centro abitato di Piandelagotti, dichiarato da consolidare con R.D. n. 1764/1939, essa è pertanto assoggettata alle limitazioni imposte dall'Art. 17.

4.2 – PTCP, Rischio Sismico

Fig.6 – CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DEGLI EFFETTI LOCALI



Il lotto esaminato ricade in una zona classificata come “Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche”, per valutazione del *coefficiente di amplificazione litologico* si rimanda al capitolo 6.

4.3 – PTCP, Protezione delle acque

Fig.7 – CARTA DELLE ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE



Il sito non ricade in aree di possibile alimentazione delle sorgenti e pertanto non è assoggettato alle limitazioni dell'art. 12B.

Cap. 5 - STRATIGRAFIA, PARAMETRI GEOTECNICI

La stratigrafia del sito è stata delineata facendo riferimento a:

- ✓ 5 sondaggi a carotaggio continuo,
- ✓ 2 trincee con escavatore,
- ✓ 2 prospezioni sismiche a rifrazione,

(pregresse, realizzate a cura del sottoscritto con la collaborazione della Provincia di Modena e dell'ex Genio Civile nell'ambito del PROGETTO SCAI - *Proposta di una carta del rischio da frana per il centro abitato di Piandelagotti*" – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle catastrofi Idrogeologiche- 1993).

- ✓ 1 prospezione sismica HVSR eseguita dallo scrivente in data 24/08/2012.

L'elaborazione generale dei sondaggi (tutti ubicati in aree più sfavorevoli) ed in particolare del vicinissimo P3, evidenzia la presenza di un primo strato detritico fino alla profondità di 1,7 m seguito da Argille grigie plastiche fino a 2,5 m, sovrapposto a marne asciutte (AVC) con caratteristiche meccaniche crescenti in profondità.

In sintesi:

0 -1.7 m	Deposito detritico con inclusi arenacei grossolani.
-1.7 -2.5 m	Argille grigie plastiche
-2,5 –10 m	Marne e argille marnose asciutte, compattazione buona
-10 -12 m	Marne a compattazione crescente con consistenza rocciosa.

Tale stratigrafia mostra ottima coerenza con quella consultabile sul Data Base regionale, della quale si riporta il referto allegato alla prospezione sismica a rifrazione (corredata anche da una prova DPM) ubicata immediatamente a monte del sito:

Estratto dalla cartografia geologica Regionale

Sondaggio DL n.3

Livelli	Litologia interpretata	Prof. mt. da p.c.	N.	Rdm	NSPT	Cu	E
Str.1	Terreno pseudocoeseivo debole	0,00 - 0,60	3,3	13,3	2	0,2	32
Str.2	Terreno pseudocoeseivo medio	0,60 - 1,80	7,9	29,4	4,7	0,46	47
Str.3	Terreno pseudocoeseivo compatto	1,80 - 2,60	22	73,6	13,1	0,92	93
Str.4	Terreno a rifiuto	2,60 - 2,70	>40				

N=Numero colpi dinamici medio
Cu=Coesione non drenata (Kg/cmq)

Rdm=Resistenza dinamica media (Kg/cmq)
E=Modulo edometrico (Kg/cmq)

Nspt=Numero colpi medio SPT

L'esame complessivo dei diagrammi allegati consente quindi una prima valutazione del sottosuolo investigato, all'interno del quale si identifica una colonna stratigrafica composta da materiali deboli e medio deboli nella prima copertura sino ad una quota massima di mt. 1,0 in DL1, a cui fa seguito un livello di transizione a media compattezza che anticipa un terreno consolidato e resistente posto a partire dalle quote di mt. 1,80 in DL2 e DL3.

L'analisi sismica HVSR finalizzata alla Variante in oggetto conferma l'esistenza di terreno compatto, con caratteristiche meccaniche crescenti in profondità, a partire da circa 1m, dal p.c.

5.1 Indagini geognostiche pregresse

Estratto da: *Andrea Zanotti* "PROGETTO SCAI - Proposta di una carta del rischio da frana per il centro abitato di Piandelagotti" – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle catastrofi Idrogeologiche- 1993

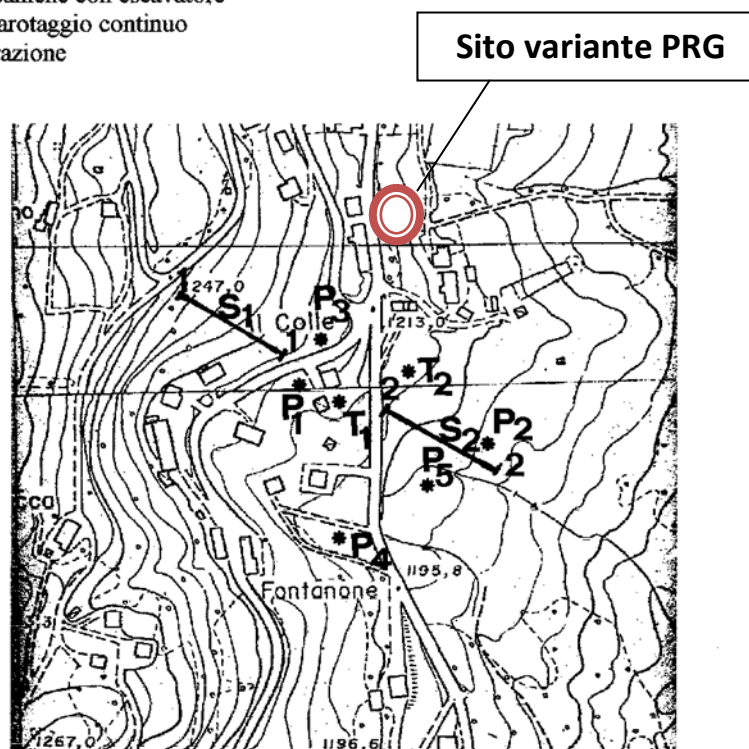
Per approfondire le informazioni geologiche acquisite dal rilevamento di campagna, dalle notizie bibliografiche e dal telerilevamento, ci si è serviti sia di sondaggi diretti che di sondaggi indiretti; in particolare sono state eseguite delle trincee con escavatore meccanico (T), sono stati presi in considerazione alcuni sondaggi a carotaggio continuo (P) già realizzati all'interno del sito studiato ed infine i dati acquisiti sono stati verificati con delle prospezioni geofisiche con sismica a rifrazione (S). Per la caratterizzazione geotecnica e fisico-meccanica dei terreni esaminati ci si è serviti di parametri emersi durante la campagna geognostica menzionata e durante il progetto SCAI (Studio dei Centri Abitati Instabili) curato dallo scrivente per conto del GNDICI - CNR (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche - Consiglio Nazionale delle Ricerche).

Fig. 4

UBICAZIONE SONDAGGI

scala 1:5.000

T = Trincee meccaniche con escavatore
P = Sondaggi a carotaggio continuo
S = Sismica a rifrazione



PROVA 1 (P1)

0 - 1,7 m	Deposito detritico pedogenizzato, matrice argillosa grigio-bruna.	Camp.
- 1,7 - 3,5 m	Marne e argille marnose asciutte di colore bruno; compattazione buona.	*
- 3,5 - 7 m	Marne a compattazione crescente, con consistenza rocciosa; inclusioni siltitiche e intercalazioni calcitiche. Interruzione sondaggi.	*

PROVA 2 (P2)

0 - 1,9 m	Deposito detritico pedogenizzato, matrice argillosa grigio-bruna.	Camp.
- 1,9 - 5 m	Argille grigie a consistenza plastica	*
- 5 - 7 m	Marne e argille marnose asciutte di colore bruno; compattazione buona.	*
- 7 - 10 m	Marne a compattazione crescente, con consistenza rocciosa; inclusioni siltitiche e intercalazioni calcitiche. Interruzione sondaggio.	*

PROVA 3 (P3)

0 - 1,7 m	Deposito detritico pedogenizzato, matrice argillosa grigio-bruna. Detrito anche grossolano.	Camp.
- 1,7 - 2,5 m	Argille grigie a consistenza plastica	
- 2,5 - 10 m	Marne e argille marnose asciutte di colore bruno; compattazione buona. Presenza di livelli argillosi a consistenza plastica.	* *
- 10 - 12 m	Marne a compattazione crescente, con consistenza rocciosa; inclusioni siltitiche e intercalazioni calcitiche. Interruzione sondaggio.	

PROVA 4 (P 4)

0 - 1,8 m	Deposito detritico sabbioso pedogenizzato, con inclusioni grossolane di natura arenacea.	Camp.
- 1,8 - 9,5 m	Detrito arenaceo con clasti eterometrici (dalle ghiaie ai massi) con matrice fine, tavola sabbioso-limosa. Presenza avari livelli fluidi percolanti. Interruzione sondaggio.	*

PROVA 5 (P5)

0 - 2,5 m	Deposito detritico sabbioso giallo-bruno; strato aerato: Presenza di inclusi arenacei eterometrici anche grossolani.	Camp.
- 2,5 - 3,5 m	Argille grigie a consistenza plastica	*
- 3,5 - 9 m	Marne e argille marnose asciutte di colore bruno; compattazione buona. Presenza di sottili livelli argillosi.	*
- 9 - 13 m	Marne a compattazione crescente, con consistenza rocciosa; inclusioni siltitiche e intercalazioni calcitiche. Interruzione sondaggio.	

Proprietà geotecniche e caratteristiche fisico-meccaniche

In passato sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio sia lo strato argilloso plastico, presente quasi ovunque sotto lo strato aerato, che lo strato argilloso polverulento insediato al tetto del substrato roccioso (che, a valle della S.S. 486, è costituito da marne compatte dell'Unità di Pievepelago). Tali analisi hanno fornito i seguenti parametri medi:

ARGILLE PLASTICHE GRIGIE

W(%)	Wl(%)	Wp(%)	PI (%)	γ (t/m ³)	ϕ (°)	c' (Kg/cm ²)	Kt (Kg/cm ²)	committente
25	41	25	22	1,9	22	0,4	1	GNDCI - CNR

W=contenuto naturale d'H₂O, Wl=lim. liquido, Wp=lim. plastico, PI= indice di plasticità, γ =peso di vol., ϕ =angolo di res. al taglio, c'=coesione, Kt= pressione ammissibile.

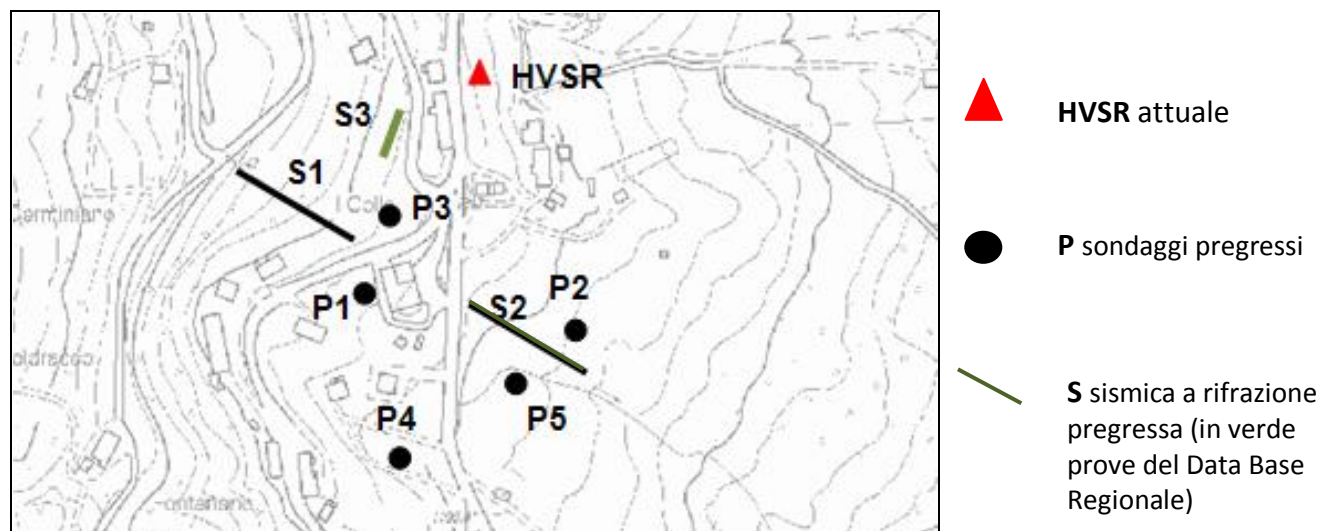
ARGILLE POLVERULENTE (tetto di UPI)

W(%)	Wl(%)	Wp(%)	PI (%)	γ (t/m ³)	ϕ (°)	c' (Kg/cm ²)	Kt (Kg/cm ²)	committente
14	28,9	18,3	10,6	1,9	29	0,4	1,1	Sigg. Gualtieri

5.2 Ubicazione delle indagini attuali e pregresse

FIG. 8 UBICAZIONE SONDAGGI

scala 1:5000



Cap. 6 - RELAZIONE SISMICA

In seguito alla classificazione sismica proposta dall'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ed al D. M. 14/01/2008 recante *norme tecniche per le costruzioni*, il Comune di Frassinoro ricade in zona 2.

Decreti fino al 1984	GdL 1988	Classificazione 2003
sismicità alta, S = 12	prima categoria	Zona 1
sismicità media, S = 9	seconda categoria	Zona 2
sismicità bassa, S = 6	terza categoria	Zona 3

6.1 Pericolosità sismica di base del sito

Coordinate WGS84: latitudine: 44,225347 [°], longitudine: 10,517982 [°]



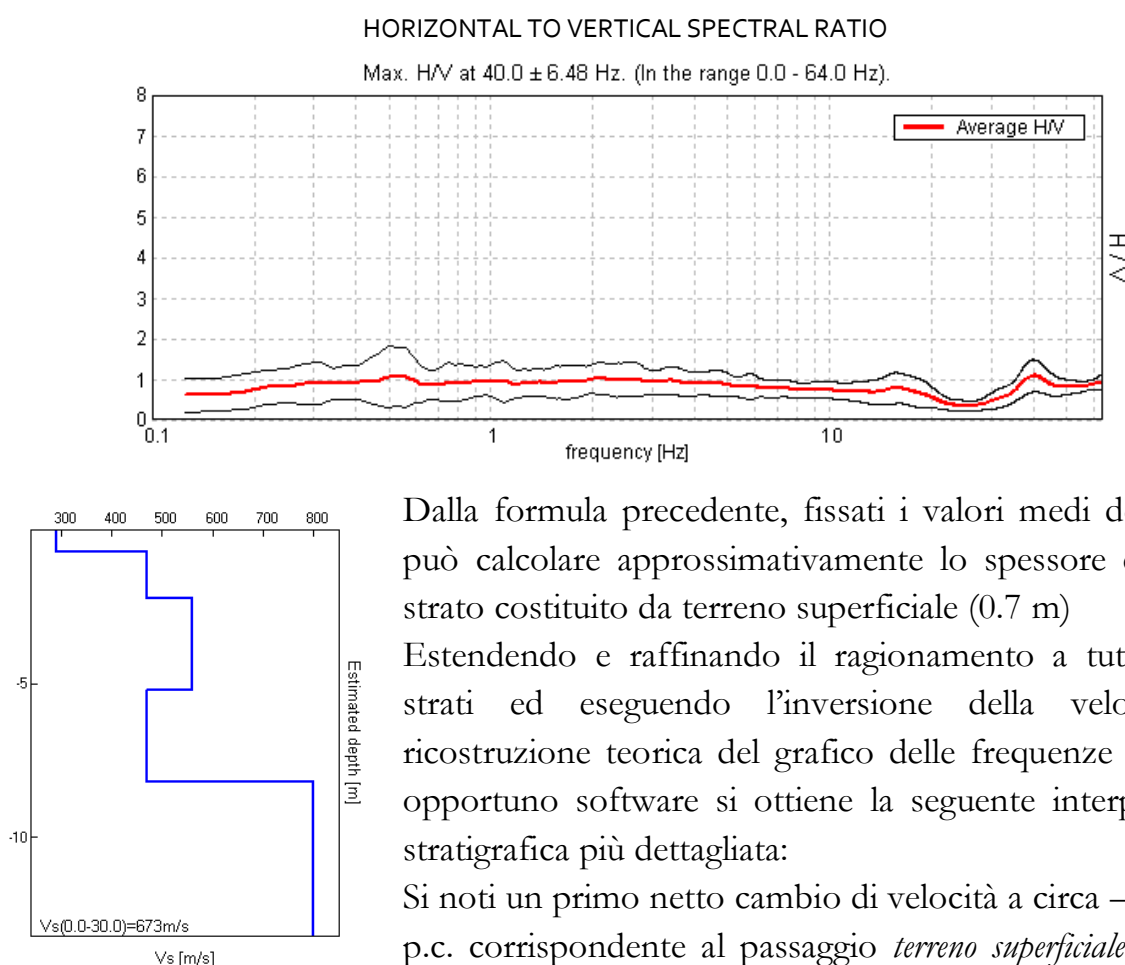
Secondo il D.M. 14/01/2008 il calcolo dell'azione sismica dipende innanzitutto dalla posizione geografica del sito. La normativa fornisce per 10751 punti del reticolo di riferimento 9 valori del periodo di ritorno TR (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni).

Introducendo le coordinate geografiche esatte dell'intervento si ottengono i parametri sismici di base dell'area (a_g , F_0 , T_c) e gli spettri di risposta elastici di base per i periodi TR di riferimento.

Questi ultimi non tengono conto degli effetti determinati dall'“*amplificazione sismica locale*” e dal tipo di “*prestazioni*” previste per l'edificio in progetto, che vengono pertanto dimensionati nei paragrafi successivi.

6.2 Amplificazione stratigrafica

Ai sensi della normativa vigente la classificazione del suolo avviene in base alla velocità delle onde S nel terreno, entro i primi 30 m di profondità dal p.c. Per determinare tale valore (denominato **Vs 30**), in data 24/08/2012, è stata eseguita, presso il sito, una prospezione sismica mediante sismografo a stazione singola della Micromed (tromino Engy). La misura si basa sulla registrazione dei microtremori tramite i rapporti spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali e verticali del moto (Noghoishi e Igarashi 1970). La frequenza fondamentale di risonanza (Fr) dello strato relativa alle onde S è pari a: $Fr = Vs / (4 \cdot h)$. Dal grafico che segue si possono osservare dei picchi che corrispondono agli strati di terreno identificati (terreno quaternario, argilliti, e substrato compatto).



Dalla formula precedente, fissati i valori medi della Vs, si può calcolare approssimativamente lo spessore del primo strato costituito da terreno superficiale (0.7 m)

Estendendo e raffinando il ragionamento a tutti gli altri strati ed eseguendo l'inversione della velocità con ricostruzione teorica del grafico delle frequenze attraverso opportuno software si ottiene la seguente interpretazione stratigrafica più dettagliata:

Si noti un primo netto cambio di velocità a circa – 0,7 m dal p.c. corrispondente al passaggio *terreno superficiale – argilliti*, ed un altro cambio a – 8,2 m dal p.c. fra *argilliti - roccia*

compatta, con Vs = 800 m/s.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.70	0.70	290
2.20	1.50	470
5.20	3.00	560
8.20	3.00	470
inf.	inf.	800

In conclusione, dall'analisi delle Vs30 misurate con il sismografo, si ottiene un suolo con:

$$Vs30 = 673 \text{ m/s.}$$

Determinata la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio (V_{s30}), ai sensi della normativa vigente si classifica il terreno di fondazione dell'intervento in progetto appartenente alla categoria B:

categoria "B" Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con $360\text{m/s} < V_{s30} < 800\text{m/s}$ (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ o coesione non drenata $c_u > 250 \text{ Kpa}$).

Dove il coefficiente di amplificazione stratigrafica vale: **Ss = 1.2**

6.3 Amplificazione topografica

Dal punto di vista topografico il terreno rientra nella: **classe T1**

T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

dove il coefficiente di amplificazione topografica vale: **St = 1.0**

6.4 Strategia di progettazione

La **vita nominale** di un'opera strutturale **VN** è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 **classi d'uso**, alle quali vengono associati i seguenti **coefficienti d'uso CU** :

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE CU	0.7	1.0	1.5	2.0

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un **periodo di riferimento VR** che si ricava, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:
 $VR = VN \times CU$

Ipotizzando la realizzazione di un nuovo manufatto ad uso abitazione civile, sono quindi attese le seguenti prestazioni:

*vita nominale VN = 50 anni (opere ordinarie),
 classe d'uso = II , (normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente)
 coefficiente d'uso cu = 1,
 vita di riferimento VR = VN x CU = 50 x 1 = 50 anni*

6.5 Azione sismica di progetto

Combinando l'azione sismica di base (determinata dalla posizione geografica del sito) con gli effetti di amplificazione locale e le prestazioni attese dalla costruzione, si calcolano i parametri **a_g , F_o , T_c** , da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE** di **Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU** di **Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, come previsto dalla normativa vigente.

STATO LIMITE	Prob. Superamento (%)	T_R (anni)	A_g (g)	F_0 (-)	T_c (s)
SLO operatività	81	30	0.063	2,435	0,249
SLD danno	63	50	0.080	2,439	0,257
SLV vita	10	475	0.199	2,386	0,286
SLC collasso	5	975	0.254	2,398	0,291

a_g è l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale. F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2. T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

Nella sottostante tabella si riassumono i principali **Coefficienti sismici**:

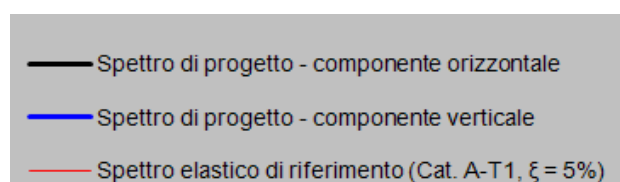
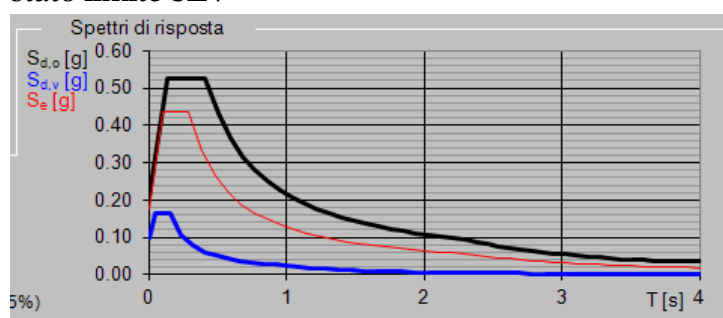
	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	$Beta$ [-]
SLO	1,200	1,450	1,000	0,014	0,007	0,736	0,180
SLD	1,200	1,440	1,000	0,017	0,009	0,940	0,180
SLV	1,200	1,410	1,000	0,057	0,029	2,345	0,240
SLC	1,160	1,410	1,000	0,091	0,046	2,888	0,310

S_s = amplificazione stratigrafica, C_c = coefficiente che modifica il valore del periodo T_c , K_h = coefficiente sismico orizzontale, K_v = coefficiente sismico verticale, S_t = amplificazione topografica, A_{max} = accelerazione massima in superficie.

Ne risultano i seguenti **spettri di progetto ed elastici** :

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.

stato limite SLV



Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_t \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (S + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c T_D}{T^2} \right)$$

6.6 Accelerazione massima in superficie

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima ($a_{\max}$) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di $a_{\max}$ può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot ag$$

dove ag è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s ed S_t sono rispettivamente i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica. In questo caso riferendoci allo stato limite SLV si ottiene:

$$a_{\max} = 1.2 \times 1 \times 0.199 \times g = 2,345 \text{ m/s}^2$$

6.7 Verifica a liquefazione

Le indagini svolte hanno escluso la presenza di orizzonti liquefacibili.

6.8 calcolo dei Fattori di Amplificazione (F.A.) sismica al suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura si ottiene con la seguente formula:

$$V_{s_{\text{MEDIA}}} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}} = 290 \text{ m/s}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura
 h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo
 V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo

Tenendo conto dei sondaggi e delle prove sismiche realizzate sul sito si determina lo spessore dello strato di copertura a 1.7 m.

Attraverso il dato ottenuto, con l'ausilio delle tabelle allegate alla deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna si determinano i fattori di amplificazione per le caratteristiche litologiche, che valgono:

F.A. P.G.A. (Picco Accelerazione Gravitazionale) = 1.7

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_o < 0.5s$ = 1.5

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_o < 1.0s$ = 1.4

Cap. 7 CONCLUSIONI

La presente relazione tratta dell'analisi di fattibilità di una variante del Piano Regolatore di Frassinoro (MO), per un lotto di terreno ubicato a Piandelagotti in Via Centrale.

I dati relativi ai caratteri geologici, geotecnici e sismici del sito sono stati confrontati con le prescrizioni contenute nelle leggi e negli strumenti di pianificazione vigenti.

Si è rilevato che il sito è ubicato nella porzione meridionale dell'abitato di Piandelagotti e si trova sopra un terreno costituito da un sottile strato di deposito *glaciale e periglaciale* (c3) sovrapposto all'Unità delle *Argilliti Variegate con Calcari* (AVC).

Il lotto si trova in **condizioni di stabilità e non interferisce con acque di falda e/o superficiali**.

Dal confronto con il P.T.C.P. della Provincia di Modena si è riscontrato che la variante proposta è assoggettata alle disposizioni dell'**articolo 17** - *Abitati da consolidare e trasferire* (si veda cap. 4).

La stratigrafia è stata ricostruita con l'ausilio di 5 sondaggi a carotaggio continuo e 3 sismiche a rifrazione pregressi, realizzati nelle immediate vicinanze anche a cura del sottoscritto, ed una prospezione sismica eseguita sul sito dallo scrivente (si veda Cap. 5).

I dati ottenuti evidenziano la presenza di un primo strato, profondo fino a 1,7 m, rappresentato da materiale quaternario detritico (c3) costituito prevalentemente da trovanti litoidi eterometrici inglobati da una matrice coesiva, che mostra buone caratteristiche meccaniche, seguito da terreno argillitico in posto (AVC) dotato di ottime proprietà geotecniche.

Dal punto di vista sismico ne sono emersi i seguenti parametri (si veda cap. 6):

D. M. 14/01/2008

- | | |
|--|------------------------------------|
| - cat. terreno di fondazione: | Cat. "B" ($V_{s30}=673$ m/s) |
| - coefficiente di amplificazione stratigrafica per SLV | $S_s = 1,2$ |
| - classe topografica T1, coefficiente di amplificazione topografica, | $S_t = 1,0$ |
| - accelerazione max in superficie per SLV | $a_{max} = 2,345$ m/s ² |

Deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna

- velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura: V_s media = 290 m/s
- fattori di amplificazione:

F.A. P.G.A. = 1.7

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s = 1.5$

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s = 1.4$

i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima), F_o (fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima), T_c (periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro) e gli **spettri elastici di progetto**, da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE di Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU di Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, sono stati dimensionati ipotizzando la realizzazione di un manufatto con CU (classe

d'uso) = II e VN (Vita Nominale) = 50 anni. La loro quantificazione dovrà ovviamente essere rivista in fase esecutiva in rapporto alle effettive prestazioni del manufatto.

In conclusione, l'area osservata si trova in condizione di **stabilità** e la realizzazione di eventuali interventi edilizi non produrrà variazioni degli equilibri esistenti.

Per la definizione del tipo di fondazioni da adottare e relativi carichi applicati, si attende un progetto esecutivo che **andrà corredato da specifica campagna geognostica**.

Considerata la non interferenza con acque superficiali e con altre limitazioni di carattere legislativo, **si ritiene verificata la fattibilità geologica, geotecnica e sismica della richiesta variante al Piano Regolatore di Frassinoro (MO)**, relativamente al lotto esaminato.

DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI
ISCRITTO ALL'ORDINE REGIONALE DEI
GEOLOGI CON IL NUMERO 558

Si rilascia l'assenso per l'uso di tale relazione da parte del Comune per scopi di tipo pianificatorio.

ALLEGATI

• **Prospezione sismica HVSR**

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: MICROMED TROMINO ENGY

Strumento: TEP-0149/01-11

Inizio registrazione: 22/08/12 18:08:04 Fine registrazione: 22/08/12 18:28:04

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-;
TRG + TRG -

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

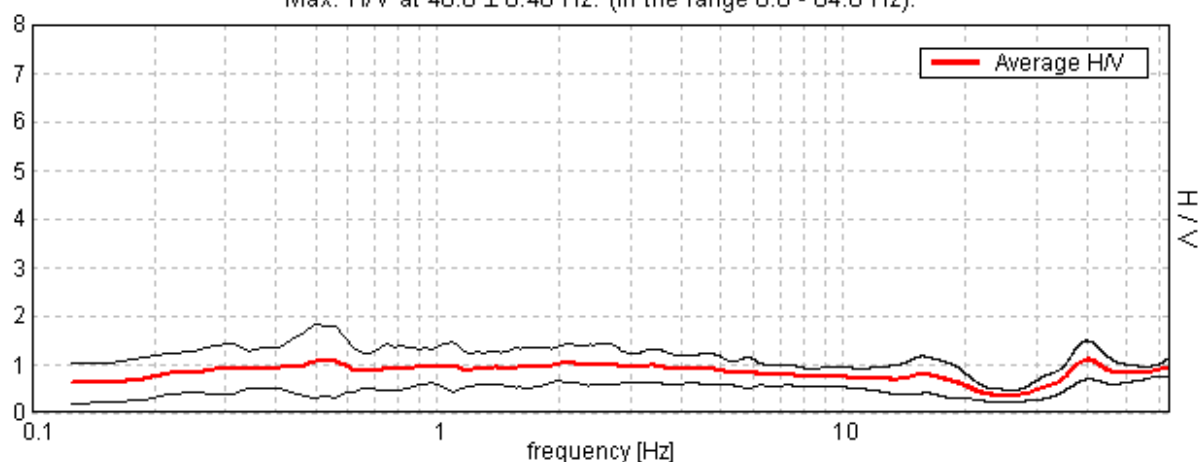
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

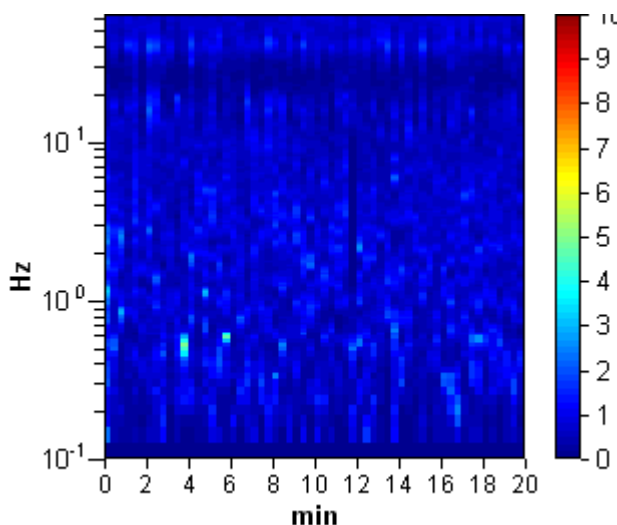
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

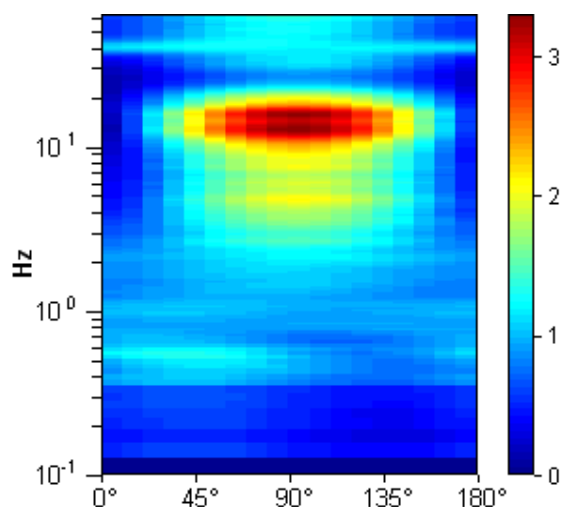
Max. H/V at 40.0 $\pm$ 6.48 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

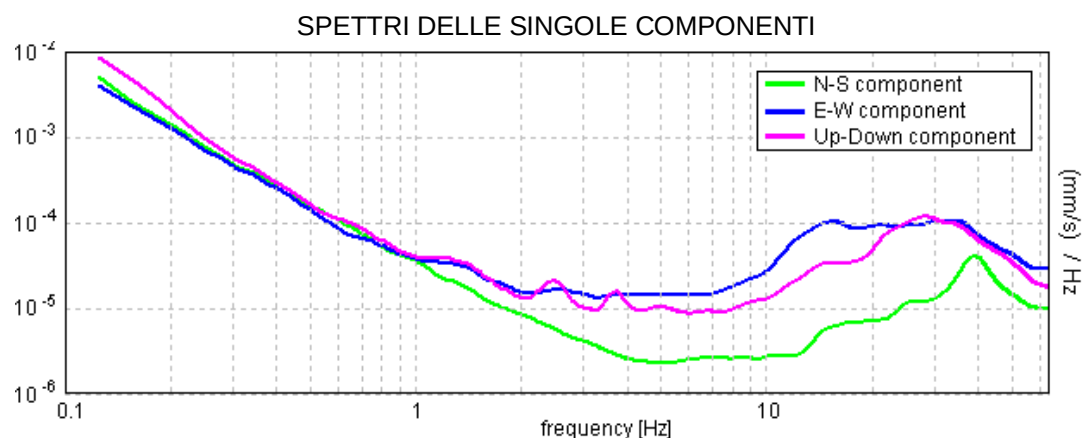


SERIE TEMPORALE H/V

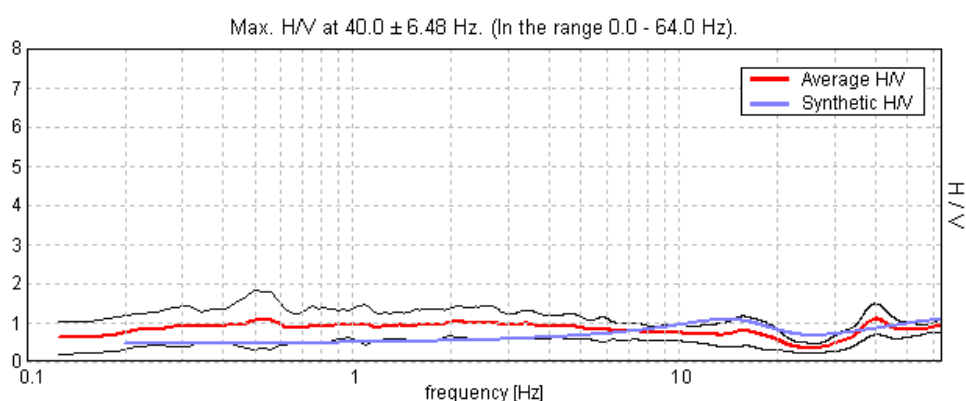


DIREZIONALITA' H/V

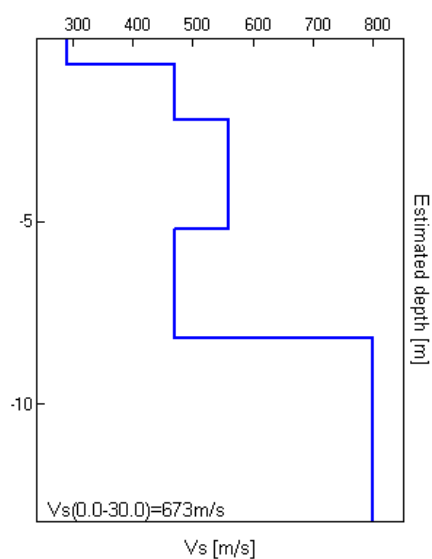




H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	290	0.35
2.20	1.50	470	0.35
5.20	3.00	560	0.35
8.20	3.00	470	0.35
inf.	inf.	800	0.35



Vs(0.0-30.0)=673m/s

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di [Grilla](#) prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 40.0 ± 6.48 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$40.00 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$48000.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1409	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	31.906 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	$2.08 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04032 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.91272 < 2.0$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1974 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

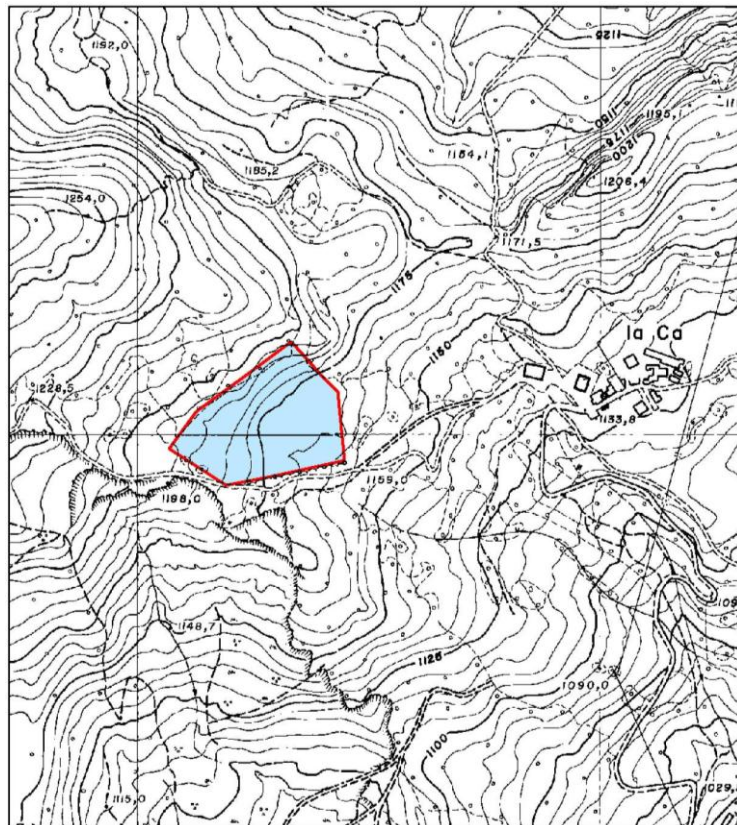
<i>Domanda</i>	n. 006
<i>Richiedente</i>	Frassinoro Shooting Club
<i>Foglio</i>	9
<i>Mappali</i>	95
<i>Tavola PRG</i>	5.3

PROVINCIA DI MODENA

AREA DI VARIANTE AL PRG

PROPRIETA': SIG.RI RAGGIOLI E SILVESTRI

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA



Dott. Geol. GIANLUCA VACCARI

C.RSO UMBERTO I, 25 – 41057 SPILAMBERTO (MO)

Tel/Fax 059353059 – Cell. 347/4935672

e-mail: vaccari.gianluca@gmail.com



AGOSTO 2012

Dott. Gianluca Vaccari
Geologo

Studio:

C.so Umberto I, 25
41057 Spilamberto (Mo)
Tel/Fax 059353059
Cell. 3474935672
e-mail: vaccari.gianluca@gmail.com

Modena, 12/08/2012

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

PROGETTO: Variante al PRG

PROVINCIA: Modena

COMUNE: Frassinoro

LOCALITA': La Cà

PROPRIETA': Sig.ri Raggioli e Silvestri

RIFERIMENTO NORMATIVO: Circolare Regionale n. 1288 del 02/03/1983; L.R. 07/12/1978 n. 47; D.M. 11/03/1988; D.M. 14/01/2008; PTCP della Provincia di Modena; Del. G.R. 1677/2005; Del. Ass. Leg. Della RER 112/2007. R.D.L. 30 dicembre 1923 n. 3267.

RELAZIONE REDATTA AD USO: Verifica di Fattibilità

INDICE

PREMESSA.....	4
1. DESCRIZIONE DELL'AREA DI VARIANTE	5
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AMBIENTALE	6
2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	6
2.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	9
2.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	11
3. RAPPORTI TRA L'AREA DI VARIANTE ED IL PTCP	13
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE e geofisiche	16
4.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO	16
4.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	16
4.3 INDAGINE GEOFISICA - MASW	19
5. MICROZONAZIONE SISMICA	25
5.1 NORMATIVA SISMICA.....	25
5.2 MICROZONAZIONE SISMICA – I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	25
5.3 MICROZONAZIONE SISMICA – II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	26
6. CONSIDERAZIONI DI FATTIBILITA' DELLA VARIANTE AL PRG	28
7. CONCLUSIONI.....	30

Allegati:

Allegato 1 Prove Penetrometriche Dinamiche – Tabulati e Diagrammi

PREMESSA

Su incarico della Proprietà, Sig.ri Raggioli e Silvestri, si è proceduto alla redazione della presente relazione geologica e sismica di fattibilità, inerente un lotto di terreno, situato in località La Cà nel Comune di Frassinoro in Provincia di Modena, interessato dal progetto di variante al PRG da zona agricola a zona sportiva.

Scopo dello studio è stato quello di definire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche della zona in oggetto e di un suo significativo intorno, al fine di verificare la fattibilità della nuova destinazione urbanistica.

Lo studio è stato condotto nel rispetto delle vigenti normative in materia e per l'adempimento delle specifiche in esse contenute è stato eseguito in data 11/08/2012 un sopralluogo sull'area al fine di verificarne l'idoneità geologica e geomorfologica.

Si è altresì effettuato un rilievo dei terreni affioranti della zona in esame e di un suo intorno significativo che, con il supporto di dati bibliografici, ha permesso la ricostruzione geologica geomorfologica della zona.

Per la caratterizzazione litostratigrafica, geotecnica e sismica dei terreni sono state effettuate le seguenti indagini geognostiche:

- n° 2 prove penetrometriche dinamiche, spinte sino a rifiuto all'infissione dello strumento, registrato alla profondità massima di 8,0 m dal piano di campagna;
- n. 1 indagine sismica con metodo MASW di tipo attivo. L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire da piano campagna (V_{s30}), in riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio (N.t.c. 23/09/05), al D.m. 14/01/08 ("Nuove norme tecniche per la costruzione") e alla delibera G.r.e.r. (n. 1677 del 24/10/05).

Sulla base delle indagini e considerazioni svolte si è quindi valutata la fattibilità geologica dell'area oggetto di variante, al fine di stabilire se tali scelte urbanistiche sono compatibili con le caratteristiche del territorio, e riguardino di conseguenza zone geologicamente idonee.

Vengono fornite indicazioni sulla litologia dei terreni presenti, sulla litostratigrafia, con particolare riferimento alle caratteristiche geotecniche in merito ad eventuali prescrizioni per i nuovi insediamenti.

1. DESCRIZIONE DELL'AREA DI VARIANTE

La Variante al PRG prevede la trasformazione urbanistica di un'area da zona agricola a zona sportiva.

In fotografia 1 si può osservare la zona interessata dalla variante urbanistica.



Fotografia 1 – Veduta da nord dell'Area di Variante.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AMBIENTALE

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di variante in esame è situata a nord della Strada Provinciale n. 32 nei pressi della borgata denominata La Cà nel territorio comunale di Frassinoro, in Provincia di Modena.

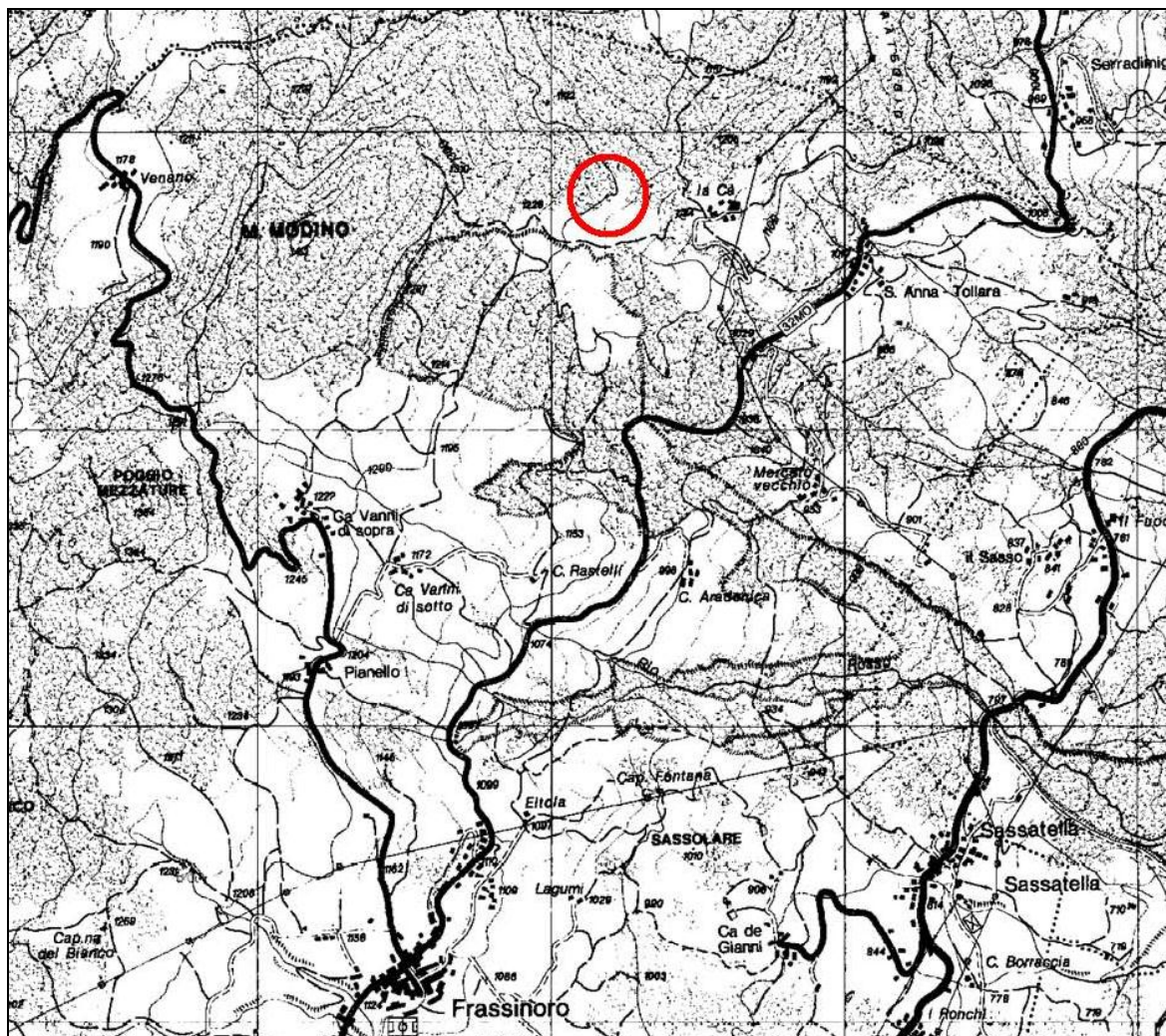


Figura 1 – COROGRAFIA – Tavola 235NE - Scala 1:25.000

L'area si estende in una zona corrispondente all'alto Appennino modenese, il lotto di terreno in oggetto è posto ad una quota compresa tra circa 1175 m e 1200 m s.l.m. ed è situata su di un versante posto alla sinistra idrografica del torrente Dragone, affluente di destra del fiume Secchia, che rappresenta il collettore idrografico principale del territorio.

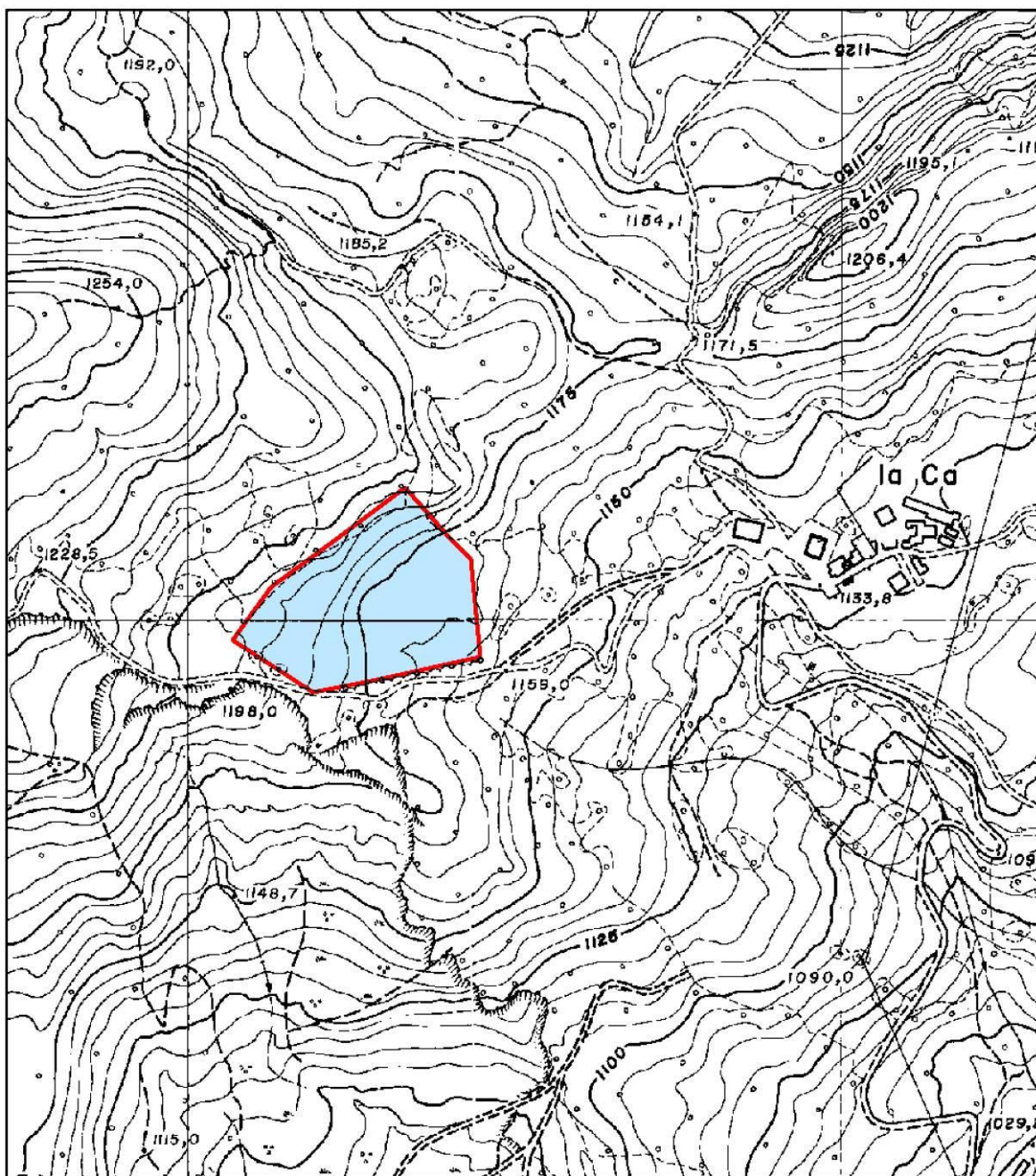


Figura 2 – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO – Estratto Elemento CTR N. 235072 "Venano" – Scala 1:5.000

Il rilievo principale della zona è il Monte Modino (1410 m), che posto ad ovest della zona in studio.

L'area in oggetto è compresa nella seguente cartografia:

- Tavola CTR n° 235NE denominata "Montefiorino" - Scala 1:25.000 (Fig. 1);
- Sezione CTR n° 235070 denominato "Romanoro" – Scala 1:10.000;
- Elementi CTR n° 235072 denominato "Venano"– Scala 1:5.000 (Fig. 2).

Nella planimetria catastale l'area è censita nel Foglio 9 Mappale 95 (Fig. 3).

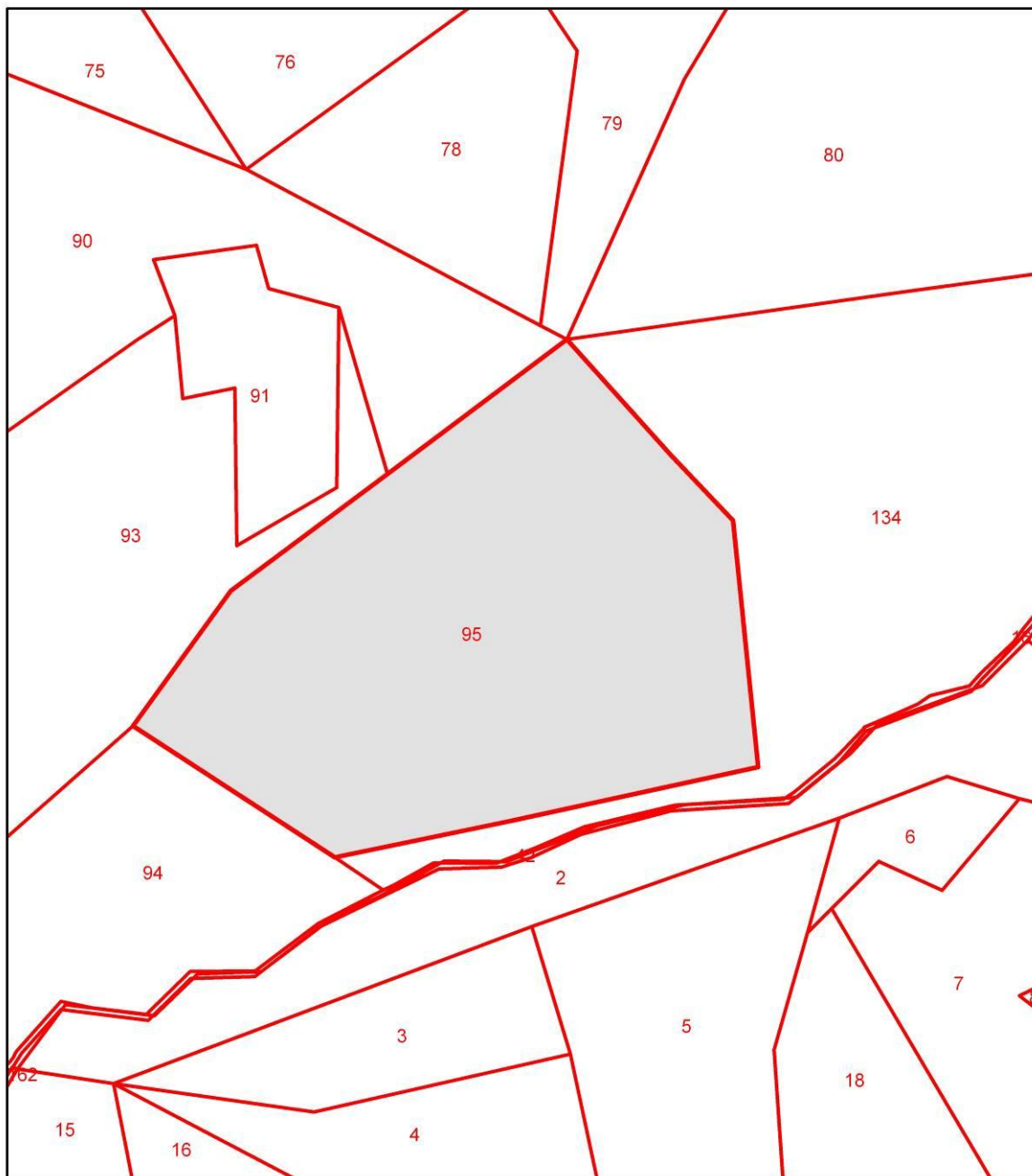


Figura 3 – PLANIMETRIA CATASTALE - Estratto Foglio 9 Mappale 95 – Scala 1:2.000

2.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L'area in esame si colloca nell'alto Appennino modenese, alle pendici del Monte Modino. Dal punto di vista geologico, nella zona affiorano prevalentemente terreni appartenenti alla coltre alloctona sommitale delle Liguridi.

Si tratta di una successione stratigrafica i cui termini inferiori (Cretaceo superiore-Paleocene), affioranti nell'Appennino parmense, modenese e bolognese.

La geologia dell'alto bacino del torrente Dragone appare notevolmente complessa, i tentativi di ricostruzione stratigrafica delle varie formazioni effettuati dai diversi Autori sono spesso discordanti, sia per quanto riguarda l'interpretazione del significato geologico, sia della posizione delle singole unità.

Facendo riferimento alla Carta Geologica e Geomorfológica del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, redatta nell'ambito del progetto CARG di cui un estratto è riportato in figura 4, di seguito si elencano e si descrivono le seguenti litologie cartografate.

Arenarie del Poggio Mezzature (APM)

Si tratta di torbiditi arenaceo-pelitici in strati da sottili a molto spessi costituiti da arenarie grigio-verdastre medie o grossolane, a luoghi microconglomeratiche, passanti ad arenarie fini e ad argille grigio-verdi. Rapporto A/P >1. Contatto inferiore in genere tettonizzato sulle Argille a Palombini. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza parziale da qualche decina di metri a 100 m circa. *Turoniano - Campaniano inf.*

Argille variegata di Grizzana Moranti (AVT)

Argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scuere e grigio azzurrognole, con subordinate siltiti grigio-scuere o nere manganesifere, in strati sottili o molto sottili e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi. Talvolta sono presenti inclusi da metrici a decametrici di ofioliti. Formazione intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento. Pelagiti e torbiditi distali di ambiente di piana abissale, il contatto inferiore non è preservato. Potenza fino a 200 m circa. *Cenomaniano A: Santoniano superiore*

Argilliti dell'Uccelliera (AUL)

Argille ed argilliti di colore rossastro intercalate in sottili orizzonti spesso associate a depositi di brecce sedimentarie. Compagno spesso, ma sempre in condizioni di affioramento precario alla base dei Flysch di Monte Caio. Potenza parziale da qualche decina di metri a 100 m circa.

Maastrichtiano inf - Maastrichtiano sup

Formazione di Montevenere (MOV)

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi fino a banchi di oltre 15 m, al tetto intervalli sottili o medi di argille scuere o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi. Le areniti hanno composizione arcossica e possono avere cementazione scarsa, specie quelle a grana più grossolana. Localmente, verso il basso, le torbiditi gradate calcareo-marnose con base calcilutitica o arenitica a composizione ibrida più spesse sono state cartografate. Paleocorrenti con provenienza dai quadranti meridionali. Torbiditi di ambiente marino profondo. Il contatto inferiore non risulta essere preservato. Potenza di oltre 900 m.

Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.

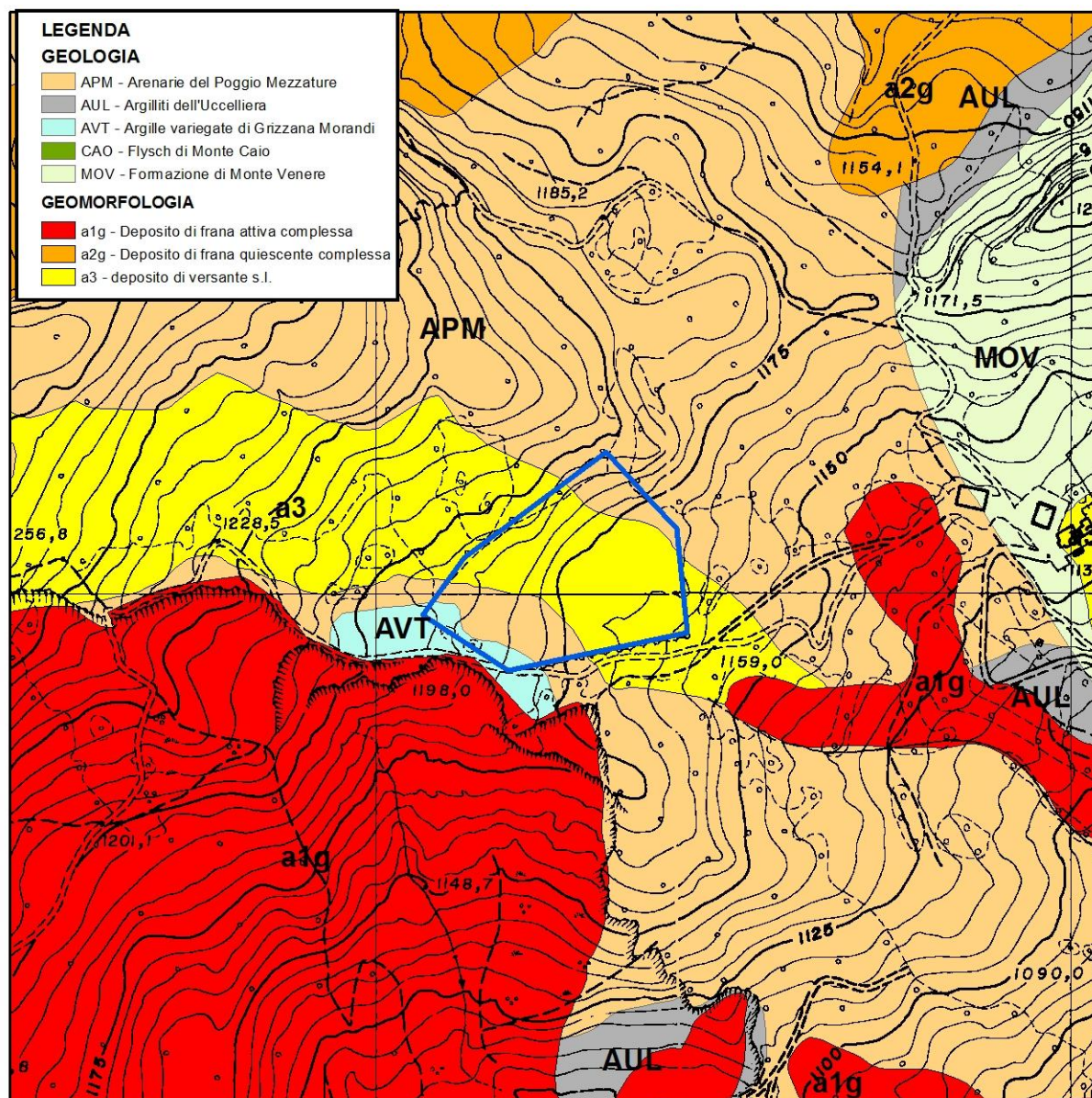


Figura 4 - CARTA GEOLOGICA GEOMORFOLOGICA – Scala 1:5.000

Sempre nella Carta geologica di figura 4 vengono distinti tre tipi di depositi di frana.

Deposito di frana attiva complessa (a1g)

Deposito gravitativo con evidenze di movimenti in atto o recenti, costituito da litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici. La tessitura dei depositi è condizionata dalla litologia del substrato e dal tipo di movimento prevalente, che è stato generalmente indicato (dove non specificato, il tipo movimento è indeterminato). La maggior parte dei depositi di frana del territorio appenninico è comunque di tipo complesso ed è il risultato di più tipi di movimento sovrapposti nello spazio e nel tempo (tipicamente scorrimenti/colamenti). La tessitura prevalente risulta costituita da clasti di dimensioni variabili immersi in una abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

Deposito di frana quiescente complessa (a2g)

Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti ma con possibilità di riattivazione, costituito da litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici. La tessitura dei depositi è condizionata dalla litologia del substrato e dal tipo di movimento prevalente, che è stato generalmente indicato (dove non specificato, il tipo movimento è indeterminato). La maggior parte dei depositi di frana del territorio appenninico è comunque di tipo complesso ed è il risultato di più tipi di movimento sovrapposti nello spazio e nel tempo (tipicamente scorrimenti/colamenti). La tessitura prevalente risulta costituita da clasti di dimensioni variabili immersi in una abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa.

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

Deposito di versante s.l. (a3)

Deposito costituito da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici. Frequentemente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), a luoghi stratificato e/o cementato. La genesi può essere dubitativamente gravitativa, da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso.

Nello specifico l'area risulta essere compresa per la maggior parte della sua estensione sulla formazione riferibile alle Arenarie del Poggio Mezzatura, ad eccezione di una poco estesa porzione sud-occidentale che si estende sulla formazione delle Argille Variegate di Grizzana Morandi.

2.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

I caratteri morfogenetici principali che si possono osservare sono quelli caratteristici dei versanti in frana dell'Appennino settentrionale, i versanti sono interessati da imponenti colate, da ondulazioni diffuse, da ripiani per lo più sottostanti le scarpate principali nei coronamenti di frana, ed interpretabili come blocchi basculanti e ribassati, generalmente ricoperti da depositi colluviali e di gravità.

Nella Valle del Dragone, all'interno delle forme concave, trovano larga estensione i fenomeni franosi che interessano la spessa coltre detritica, originata dal disfacimento delle formazioni flyschiodi e torbiditi arenaceo pelitiche.

I corpi di tali movimenti raggiungono i ripiani, dove danno luogo a conoidi o a potenti accumuli. I fenomeni gravitativi descritti, sono originati dalla concomitanza di più fattori, quali: la degradazione delle rocce affioranti, l'elevata acclività, e la presenza di acqua d'infiltrazione.

Nello specifico dell'area esaminata è possibile affermare che buona parte del versante è caratterizzata da una copertura di detrito di versante, tuttavia non si notano localmente significativi fenomeni di instabilità in atto né recenti, non si rilevano neppure significative azioni attive da parte delle acque superficiali, che in relazione alla acclività modesta non possono produrre ruscellamento diffuso né concentrato. Allo stato attuale il detrito di versante sembra aver raggiunto un buon livello di equilibrio nell'area.

Dall'esame della carta Geologica e Geomorfologia, riportata in figura 4, si può osservare che a valle, rispettivamente a sud-est ed a sud-ovest, dell'area in esame sono presenti i coronamenti di due corpi di frana attivi (Frana di Tolara e Lezza Nuova), con direzione di movimento nord-ovest sud-est, di notevole estensione e che interessano l'intero versante fino al fondovalle del T. Dragone. Per questo motivo si dovranno prevedere delle limitazioni e prescrizioni ai futuri interventi che potranno essere realizzati sull'area di variante.

Per quanto concerne la condizione idrologiche ed idrogeologiche gli strati litoidi che caratterizzano l'area associate all'alta porosità degli accumuli detritici consentono una alta percolazione d'acqua in profondità favorendo l'instaurarsi di una circolazione apogea. Nell'area non si rilevano configurazioni sfavorevoli al regolare e rapido sgrondo delle acque di scorrimento superficiale.

3. RAPPORTI TRA L'AREA DI VARIANTE ED IL PTCP

Nel presente capitolo sono stati presi in considerazione i rapporti tra l'area di variante ed il PTCP 2009 della Provincia di Modena.

Ciò al fine di verificare la presenza d'eventuali prescrizioni o vincoli, che possano condizionare e/o escludere la fattibilità della trasformazione urbanistica per l'area in studio.

Carta del Rischio da Frana: Carta del Dissesto

Nella carta della "Rischio da Frana: Carta del Dissesto" del PTCP 2009 della Provincia di Modena, riportata in figura 7, l'area ricade in una zona stabile non soggetta a fenomeni di dissesto.

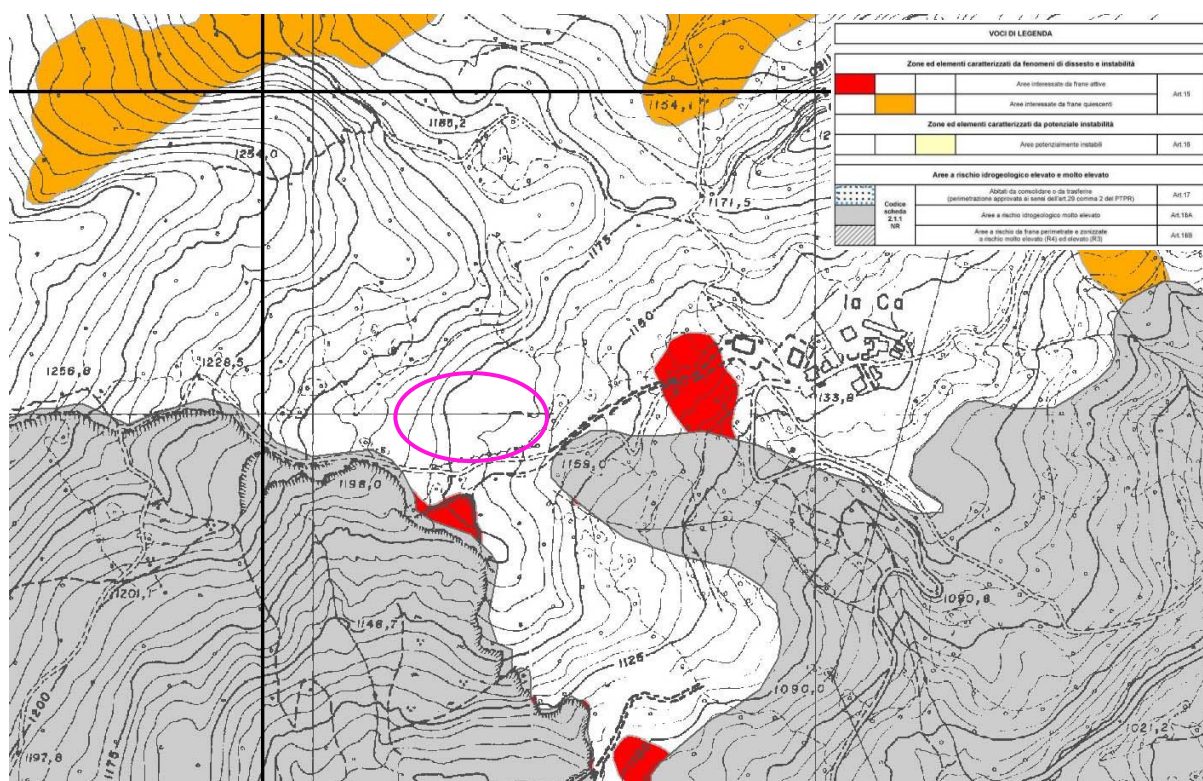


Figura 5 – CARTE DELLE SICUREZZE DEL TERRITORIO - Estratto TAV 2.1.15 - Rischio Da Frana: Carta del Dissesto - PTCP Provincia di Modena

Rischio Sismico: Carta delle aree suscettibili degli effetti locali

Come si evince dalla "Carta delle aree suscettibili degli effetti locali" del PTCP 2009, l'ambito in esame ricade quasi interamente in un'area individuata come "Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali", mentre una piccola parte ricade in un "Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche".

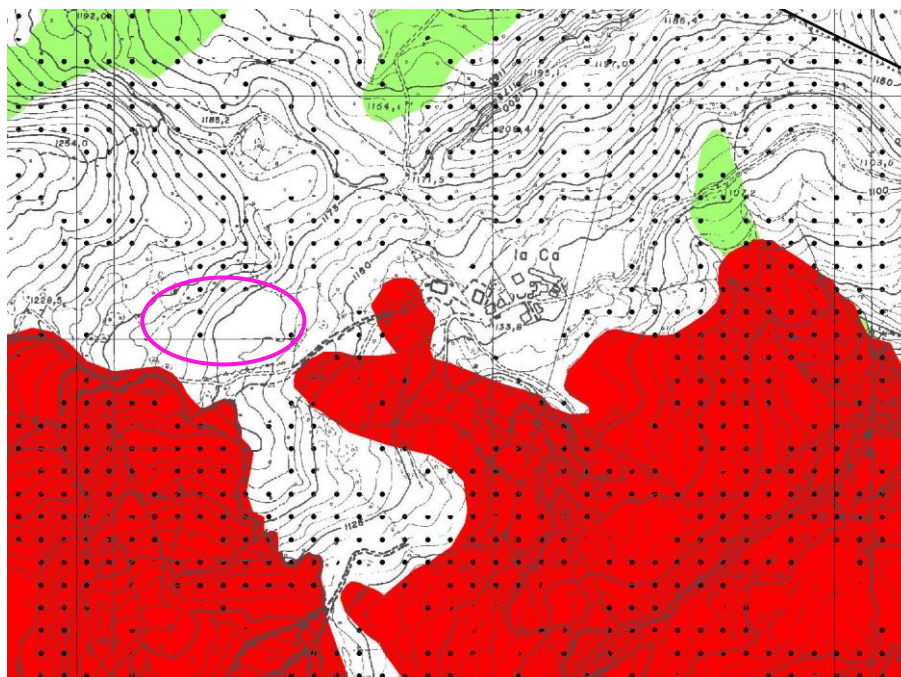


Figura 6 – CARTE DELLE SICUREZZE DEL TERRITORIO - Estratto TAV 2.2.15 - Rischio Sismico: Carta delle aree suscettibili degli effetti locali - PTCP Provincia di Modena

VOCI DI LEGENDA	
Effetti attesi	
1	Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche studi : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); microzonazione sismica : approfondimenti di II livello.
2	Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche studi : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); microzonazione sismica : approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
3	Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche studi : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; microzonazione sismica : approfondimenti di II livello.
4	Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche studi : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; microzonazione sismica : approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
5	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche studi : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica : approfondimenti di II livello.
6	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche studi : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico; microzonazione sismica : approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
7	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione studi : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi; microzonazione sismica : approfondimenti di II livello.
8	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti studi : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; microzonazione sismica : sono richiesti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di II livello per la stima degli eventuali cedimenti.
9	Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali studi : indagini per caratterizzare V_{S2} ; in caso V_{S2} maggiore/uguale di 800 m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine; in caso V_{S2} minore di 800 m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica : non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti del II livello.
10	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche studi : indagini per caratterizzare V_{S2} e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso V_{S2} maggiore/uguale di 800 m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso V_{S2} minore di 800 m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica : valutazione degli effetti della topografia, con particolare attenzione nelle aree prossime ai bordi di scarpate, negli ambiti immediatamente superiori ai settori soggetti ad amplificazione topografica, nelle zone con accentuato contrasto di pendenza; in caso V_{S2} minore di 800 m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologico.

Carta del Rischio inquinamento acque: zone di protezione delle acque superficiali e sotterranee

Nella "Carta del Rischio inquinamento acque: zone di protezione delle acque superficiali e sotterranee", del PTCP 2009, di cui un estratto è riportato in figura 7, si può notare che l'area ricade in parte all'interno di "Aree di possibile alimentazione delle sorgenti" regolamentate dall' articolo 12B del PTCP.

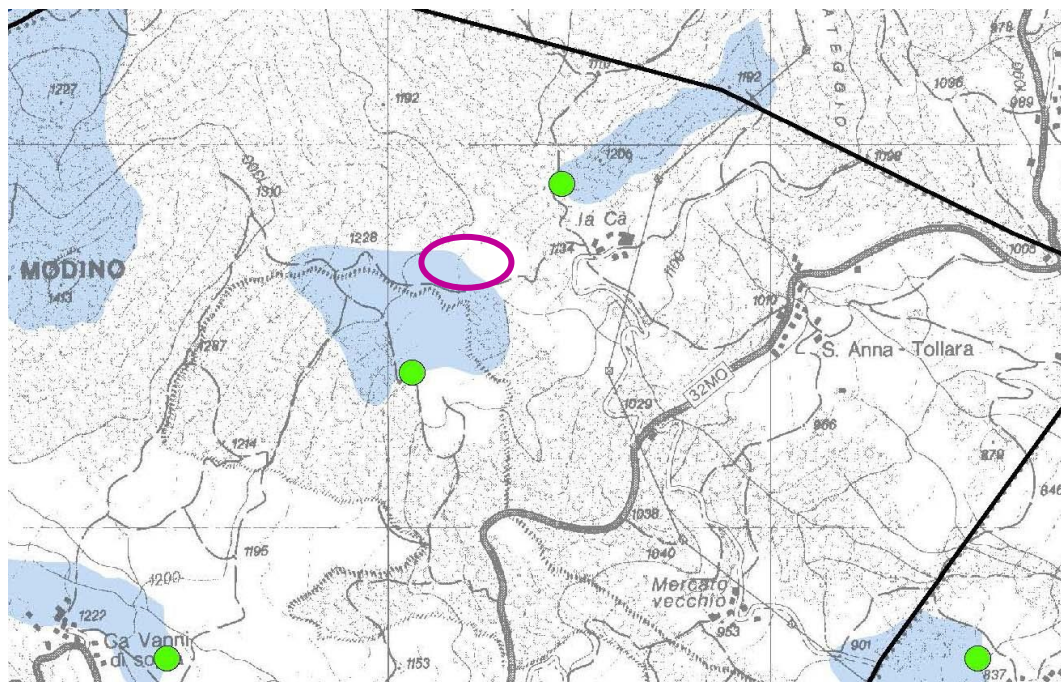


Figura 7 – ESTRATTO CARTA DEL RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE - Estratto TAV 3.2 - zone di protezione delle acque superficiali e sotterranee – PTCP Provincia di Modena -

VOCI DI LEGENDA			
Zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio collinare-montano			
●		Sorgente captata ad uso idropotabile - "SP"	Art. 12B
●		Sorgente di interesse - "AS"	Art. 12B
		Aree di possibile alimentazione delle sorgenti	Art. 12B

Zone di protezione delle acque superficiali		
⊗	Opera di captazione in corpo idrico superficiale	Art. 12C
▨	Zona di protezione - bacino imbrifero a monte dell'opera di captazione	Art. 12C
▩	Zona di protezione - porzione di bacino imbrifero a monte dell'opera di captazione (10 Km ²)	Art. 12C
Rete di monitoraggio dei corsi d'acqua superficiali e dei corpi idrici artificiali		
■	Stazione di monitoraggio "AS" localizzata su corpo idrico significativo	Art. 13A
■	Stazione di monitoraggio localizzata su corpo idrico rilevante	Art. 13A

"VINCOLO IDROGEOLOGICO"

L'area è soggetta al vincolo idrogeologico di cui al R.D. del 30.12.1923 n. 3267.

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

4.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO

Il rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio è stato eseguito nel mese di Agosto 2012 sull'area in esame ed in un suo intorno significativo al fine di verificare l'assetto del territorio e valutare la stabilità della zona interessata dal progetto di variante.

L'area in studio è situata a Ovest della località La Ca' nel territorio comunale di Frassinoro, sul versante occidentale della Valle del Dragone.

Da un punto di vista geomorfologico l'area in studio comprende due ripiani debolmente inclinati verso sud-est raccordati da una scarpata a media acclività. Si tratta di una zona caratterizzata dalla presenza di una copertura di detrito di versante costituita superficialmente da depositi fini eluvio-colluviali.

Dall'esame della carta Geologica e Geomorfologia, riportata in figura 4, si può osservare che a valle, rispettivamente a sud-est ed a sud-ovest, dell'area in esame sono presenti i coronamenti di due corpi di frana attivi (Frana di Tolara e Lezza Nuova), con direzione di movimento nord-ovest sud-est, di notevole estensione e che interessano l'intero versante fino al fondovalle del T. Dragone.

Sulla base delle osservazioni svolte è possibile affermare che l'area è localmente dotata di sufficiente stabilità, infatti dall'osservazione dello stato di conservazione della strada, posta a valle del lotto, e delle forme del paesaggio non sono stati rilevati indizi riconducibili a movimenti gravitativi attivi del versante.

Tuttavia data la vicinanza al coronamento delle suddette frane attive non è possibile escludere in assoluto un'evoluzione delle stesse con arretramento della nicchia di distacco. Per questo motivo si dovranno prevedere delle limitazioni e prescrizioni ai futuri interventi che potranno essere realizzati sull'area di variante. Tali indicazioni verranno riportate nei paragrafi successivi.

4.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Nel mese di Agosto 2012 si è provveduto ad eseguire una campagna di indagine geognostica sull'area in oggetto al fine valutare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del terreno, che sarà interessato dall'intervento di progetto.

L'indagine è consistita nell'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti, spinte sino alla profondità massima di 8 m dal piano di campagna.

In figura 8 è riportata l'ubicazione delle indagini eseguite.

Le prove penetrometriche sono state eseguite in campagna utilizzando un penetrometro dinamico tipo Pagani Tg-63 con le seguenti caratteristiche:

Peso Massa battente	63,5	Kg
Altezza di caduta libera	0,75	m
Peso sistema di battuta	0,63	Kg
Diametro punta conica	51,00	mm
Area di base punta	20,43	cm ²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6,31	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40	m
Avanzamento punta	0,20	m
Numero colpi per punta	N(20)	
Angolo di apertura punta	90	°

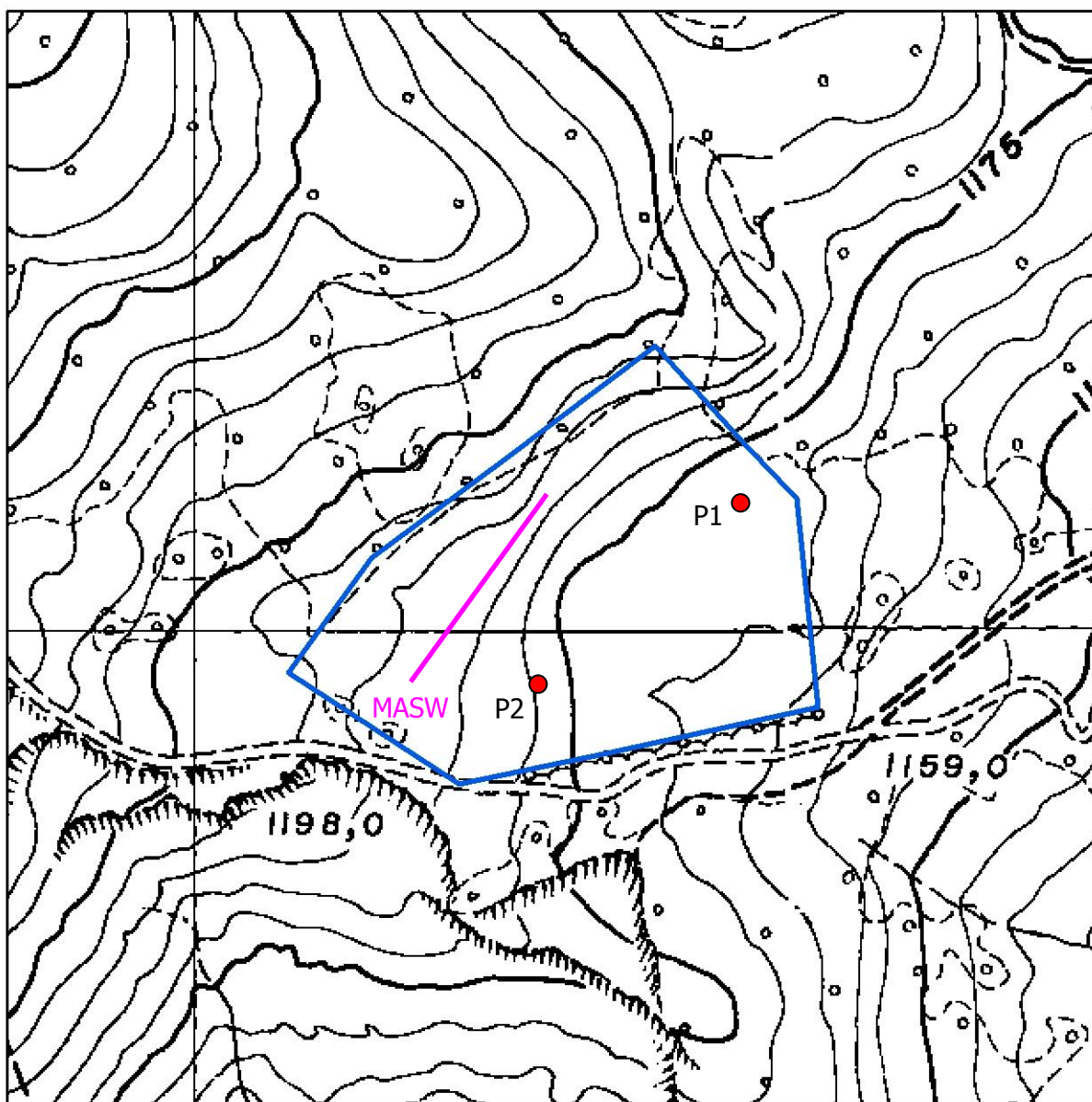


Figura 8 – UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE – SCALA 1:1.000

Per l'elaborazione delle prove è stata utilizzata la seguente relazione:

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd (funzione del numero di colpi N) $\Rightarrow$ Formula olandese modificata:

$$Rpd = M2 H / [A e (M+P)] = M2 H N / [A \delta (M+P)]$$

- Rpd = resistenza dinamica punta (Area A)
- e = infissione per colpo = δ / N
- M = peso massa battente (altezza caduta H)
- P = peso totale aste e sistema battuta

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Legenda:	
Puv (t/m ³)	Peso dell'unità di volume del terreno. (Meyerhof ed altri)
PuvS (t/m ³)	Peso dell'unità di volume del terreno saturo.
C _u (kg/cm ²)	Coesione non drenata nei terreni coesivi. (De Beer)
Φ°	Angolo di attrito interno efficace per terreni granulari (Meyerhof 1956)
Mo (kg/cm ²)	Modulo di deformazione edometrico per terreni coesivi/granulari. (Mitchelle Gardner)
Ey	Modulo di Young – (Bowles, 1982)
Modulo di Pisson	A.G.I.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Prof. (m)	Nspt	Tipo	Puv (t/m ³)	PuvS (t/m ³)	Φ (°)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)	Ey (Kg/cm ²)	Modulo Poisson
0,8	8,65	Coesivo	1,92	---	--	1,08	90,02	86,50	--
2,6	3,67	Coesivo	1,68	1,87	--	0,46	39,22	36,70	--
3,2	40,61	Incoerente	2,20	2,50	31,6	--	243,66	278,05	0,27
3,4	75,20	Incoerente	2,50	2,50	41,49	--	451,20	451,00	0,2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Prof. (m)	Nspt	Tipo	Puv (t/m ³)	PuvS (t/m ³)	Φ (°)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)	Ey (Kg/cm ²)	Modulo Poisson
2,2	5,34	Coesivo	1,78	1,88	--	0,67	56,26	53,40	--
4,8	11,81	Coesivo Incoerente	2,01	---	23,37	1,48	122,25	118,10	0,33
8,0	27,16	Coesivo Incoerente	2,13	2,29	27,76	3,40	278,81	271,60	0,3

Nei fori di prova non è stata rilevata la presenza di acqua anche se si rileva la presenza di livelli di terreno molto umidi alla profondità di circa 2,0/3,0 m.

I tabulati di calcolo ed i diagrammi penetrometrici sono riportati in allegato 1.

Dall'analisi dei risultati delle prove eseguite è emerso che il sottosuolo dell'area in esame è caratterizzato dalla presenza di una copertura di terreni coesivi mediamente consistenti per profondità comprese tra 2,6 m e 4,8 m, che sovrastano una copertura detritica di versante costituita da limi argilloso sabbiosi inglobanti elementi lapidei eterogenei ed eterometrici di natura calcarenitica, tale strato detritico presenta parametri di resistenza da discreti a molto buoni con l'aumentare della profondità.

Suscettibilità al fenomeno della liquefazione

Dalle indagini geognostiche eseguite, supportate dai dati raccolti in bibliografia, è possibile affermare che per l'area in studio, considerate le litologie presenti, si possono escludere effetti locali indotti da sisma quali instabilità, cedimenti per addensamento o per fenomeni di liquefazione.

4.3 INDAGINE GEOFISICA - MASW

Nel mese di Agosto 2012 è stata eseguita sull'Area di Variante, una campagna sismica con metodo MASW di tipo attivo. L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire da piano campagna (V_{s30}), in riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio (N.t.c. 23/09/05), al D.m. 14/01/08 ("Nuove norme tecniche per la costruzione") e alla delibera G.r.e.r. (n. 1677 del 24/10/05).

Di seguito si riportano la metodologia della ricerca e i risultati dell'indagine eseguita.

Metodo di Indagine

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente. L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (V_s) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

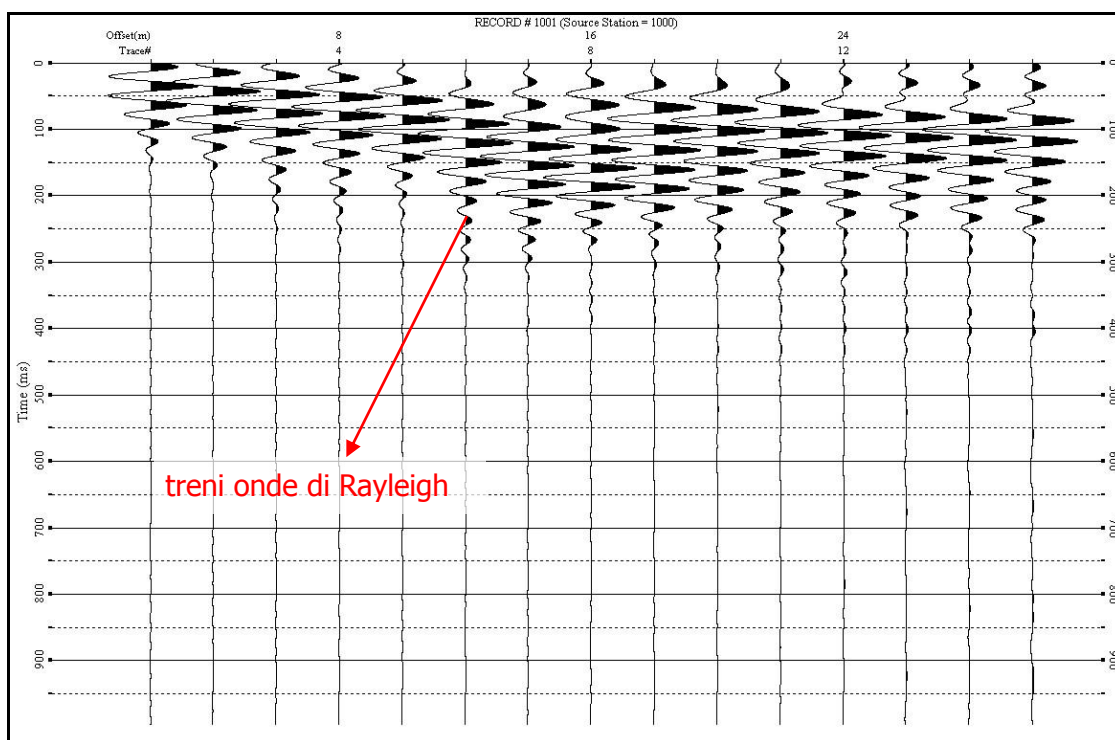
L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (V_p).

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore.

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri.



- Sismogramma -

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

Nella campagna di indagine del lavoro in oggetto è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni con spaziatura tra i geofoni di 2.0 metri per una lunghezza della linea sismica di 46.0 metri. L'energizzazione è stata eseguita a 2.0 e 10.0 metri dal primo geofono. Per ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva dei sismogrammi sono stati sommati più tiri.

Il sito di indagine è collocato in area scarsamente urbanizzata. Il rumore sismico non risulta in grado di interferire sensibilmente con le misure effettuate.

Strumentazione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "PASI 16SG24", dotato di 24 geofoni verticali Pasi con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.

Lo strumento è in grado di gestire l'acquisizione simultanea su 24 canali e di rilevare l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono starter. È inoltre equipaggiato di software proprietario in grado di gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtri delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma e sottrazione di ulteriori sismogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza del peso di 8 kg e una piastra di battuta di alluminio.

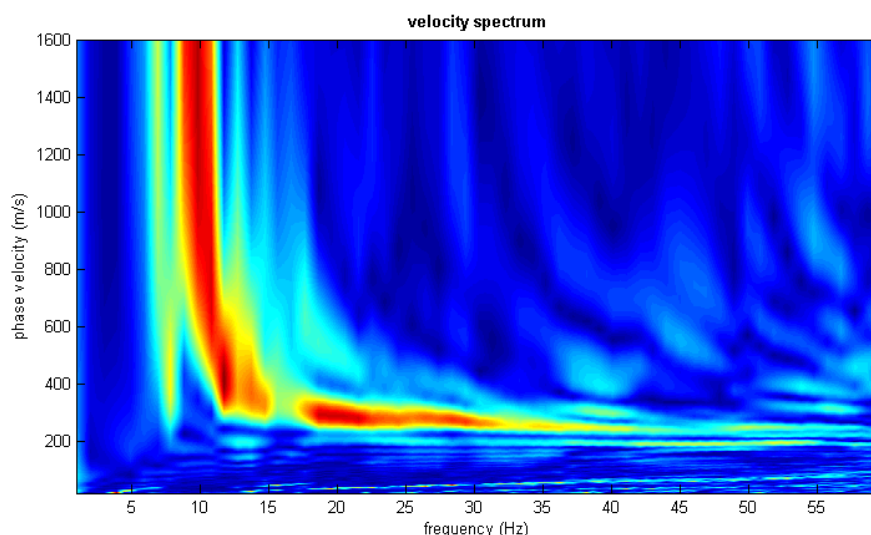
Elaborazione

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (*Winmasw 4.6 – EliaSoft*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il sismogramma nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri "passa basso", "passa alto", "passa banda", "taglia banda", il "muting" e l'ACG. Inoltre tramite le curve di attenuazione delle onde superficiali è possibile valutare con maggior precisione la qualità dei dati acquisiti.

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.

La prima fase di analisi consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.



-diagramma della curva di dispersione-

Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile, dei modi superiori.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di procedimenti calcolo e algoritmi genetici di inversione (global-search methods), che gestiscono all'intero di un "spazio di ricerca", modelli caratterizzati da parametri velocità di taglio (V_s) e spessori degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume (V_p) che, assieme a spessore degli sismostrati e relative V_s , possono venire modificati anche manualmente. Tramite interazioni successive si ottiene un modello di inversione in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata. Viene inoltre restituita una stima dell'attendibilità

(deviazione standard) del modello proposto ottenuta con tecniche statistiche.

Avendo a disposizione informazioni aggiuntive, quali ad esempio stratigrafie di sondaggio, analisi granulometriche, di densità, prove CPT ecc, è possibile impostare un modello geologico\geofisico con il quale definire parametri quali lo spessore degli strati, la velocità delle onde P stimata e coefficiente di Poisson. Tale modello consente una più accurata inversione dei dati di campagna e di conseguenza una migliore definizione della sismostratigrafia del sito.

In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle V_{s30} e correlazione al tipo di terreno, come da normativa.

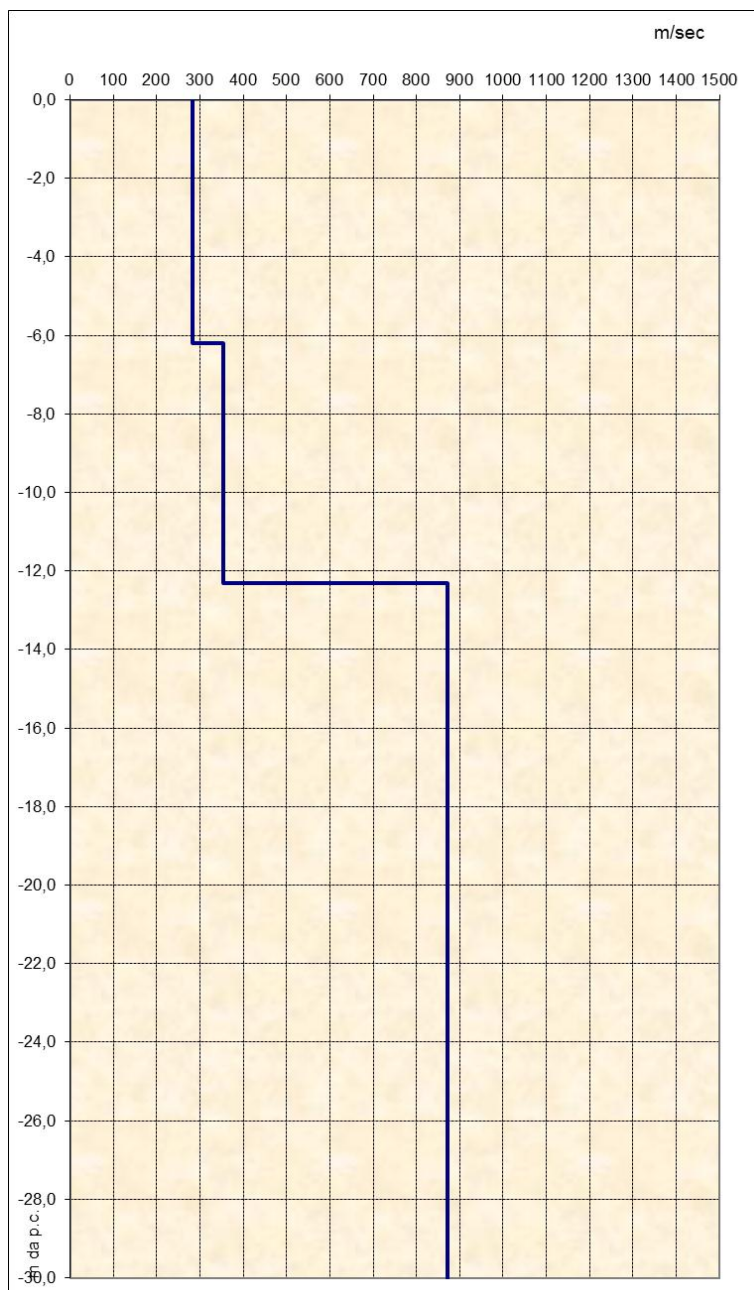
Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

Risultati

Determinazione delle categoria del suolo di fondazione

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{s30} per la sezione indagata. Il valore di V_{s30} è riferito ai primi 30 m a partire dal piano campagna.

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-6,2	6,2	283
-12,3	6,1	354
-30,0	17,7	872



- diagramma velocità V_s /profondità -

Il valore V_{s30} è **506 m/sec.**

Secondo normativa **la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B:**

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360m/s e 800m/s.

5. MICROZONAZIONE SISMICA

5.1 NORMATIVA SISMICA

Gli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica concorrono alla riduzione del rischio sismico, così come specificato nell'art. A-2, comma 4, dell'allegato alla LR 20/2000, attraverso analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione urbanistica ed orientano le proprie scelte localizzative, i possibili processi di trasformazione urbana e la realizzazione delle opere di interesse pubblico verso scenari di prevenzione e mitigazione del rischio sismico.

L'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna con delibera n. 112 oggetto n. 2131 del 02/05/2007 ha approvato l'atto di indirizzo e coordinamento ai sensi dell'art. 16, comma 1, della LR 20/2000: "Indirizzi per gli studi di micro-zonazione sismica in Emilia Romagna" per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nell'atto di indirizzi vengono indicati i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la micro-zonazione sismica del territorio con particolare riguardo alla tipologia ed al livello di approfondimento degli studi da effettuare per una migliore definizione della risposta sismica locale.

La definizione della pericolosità sismica di un sito include la pericolosità sismica di base e la quantificazione degli effetti di sito. Per pericolosità sismica di base si intende quella componente di pericolosità dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area. Gli effetti di sito sono invece dipendenti dalle condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche locali che modificano, a volte in modo significativo, il moto sismico corrispondente alla pericolosità sismica di base. La quantificazione degli effetti di sito richiede la conoscenza dei risultati dello studio di pericolosità sismica di base, nonché di dati relativi alle caratteristiche litostratigrafiche e geomorfologiche del sito oggetto di studio.

Gli effetti locali comprendono:

- l'amplificazione o deamplificazione litostratigrafica;
- l'amplificazione o deamplificazione topografica.

Per la realizzazione di uno studio di micro zonazione sismica è necessaria quindi l'esecuzione di una campagna di indagini finalizzata alla determinazione delle caratteristiche geologiche-geomorfologiche, litostratigrafiche-geotecniche, e sismiche.

5.2 MICROZONAZIONE SISMICA – I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il primo livello di approfondimento è diretto a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali.

A tale scopo si è fatto riferimento alla "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" allegata al PTCP 2009 della Provincia di Modena nella quale tutto il territorio provinciale è stato suddiviso in aree che necessitano o meno di approfondimenti specifici.

Questo elaborato di sintesi è propedeutico per la scelta della tipologia di studio e per decidere a quale livello di approfondimento attenersi al fine di meglio caratterizzare una determinata area dal punto di vista sismico.

Come precedentemente anticipato nel capitolo precedente relativamente alla "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" del PTCP 2009 l'Area di Variante oggetto di studio ricade quasi interamente in una zona individuata come "Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali" ad eccezione di una modesta porzione compresa nelle "Aree potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche topografiche" per le quali sono richiesti studi per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico: Approfondimenti di II° Livello.

Dall'indagine sismica eseguita con metodo MASW è risultato $V_{s30} = 506$.

5.3 MICROZONAZIONE SISMICA – II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Per determinare i coefficienti di amplificazione sismica si è fatto riferimento al valore misurato delle Vs30 e sono state utilizzate le tabelle e formule per la valutazione dei fattori di amplificazione sismica per le analisi del secondo livello di approfondimento e per la valutazione degli effetti topografici riportati nell'Allegato 2 della delibera n. 112 della RER.

Fattori di Amplificazione Litologici

La definizione dei coefficienti di amplificazione sismica, è stata effettuata impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (A2.1 e A2.2) dell'Atto di indirizzi della RER, che permettono di calcolare i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento. Questi fattori sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodo, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione orizzontale e l'intensità di Housner al suolo di riferimento, definiti per ogni comune, ricavabili dal data base regionale, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e l'intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminate.

Considerato che dall'indagine sismica eseguita è risultato che il bedrock sismico si trova ad una profondità di -12,3 m ed il valore delle velocità della copertura corrisponde a $V_{sH} = 314$ m/s per la determinazione del fattore di Amplificazione (FA) si è fatto riferimento al caso di substrato marino caratterizzato da $V_{sH} \geq 800$ m/s per il quale si devono usare le seguenti tabelle:

F.A. P.G.A.

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

Sulla base di queste considerazioni sono stati definiti i seguenti fattori di amplificazione:

F.A. PGA = 1,7

F.A. IS $0,1 < T_0 < 0,5$ = 1,4

F.A. IS $0,5 < T_0 < 1$ = 1,0

Fattori di Amplificazione Topografici

Considerato che la zona in studio presenta una morfologia caratterizzata da due ripiani (inclinazione media $\leq 15^\circ$) raccordati da una scarpata di media pendenza (inclinazione media $> 15^\circ$) sono stati individuati due diversi fattori di amplificazione topografica:

- St = 1,0 valido per le zone sub-pianeggianti (inclinazione $\leq 15^\circ$);
- St = 1,2 valido per una pendenza con inclinazione media $> 15^\circ$.

6. CONSIDERAZIONI DI FATTIBILITA' DELLA VARIANTE AL PRG

L'Area di Variante al PRG si colloca in località La Cà, borgata posta a nord del centro abitato di Frassinoro.

Si tratta di un'area di variante da zona agricola a zona sportiva.

Nella carta della "Rischio da Frana: Carta del Dissesto" del PTCP 2009 della Provincia di Modena l'area ricade in una zona stabile e si segnala tuttavia la vicinanza con due corpi di frana attive di notevole estensione. Data la vicinanza al coronamento delle suddette frane attive si dovranno prevedere delle limitazioni e prescrizioni ai futuri interventi che potranno essere realizzati sull'area di variante.

E' possibile affermare che l'area presenta caratteristiche idonee alla realizzazione di campi sportivi che prevedono infrastrutture di servizio di modesta entità e ridotta plani-volumetria. Per non interferire con l'assetto idrogeologico della zona non dovranno essere ammessi edifici che comportino sovraccarichi ingenti, per cui sarà preferibile limitare l'eventuale edificazione a fabbricati leggeri costituiti da un unico piano fuori terra.

Inoltre sarà opportuno prevedere una rete di raccolta delle acque meteoriche e di ruscellamento superficiale collegata ad appositi fossi di scolo, evitando di creare dispersioni incontrollate di acqua lungo il versante e nel sottosuolo.

Dal punto di vista geologico-geotecnico le prove eseguite hanno evidenziato come nell'area si possano rilevare terreni di copertura costituiti da detrito di versante con mediocri caratteristiche di resistenza negli strati più superficiali (fino a -2,2/-2,6 m), passando a valori buoni con l'aumentare della profondità, che sovrastano un substrato attribuibile alla Arenarie di Poggio Mezzature.

In linea di massima si potranno quindi prevedere fondazioni superficiali dirette, data la presenza di una copertura detritica di natura eterogenea e spessore variabile, la caratterizzazione dei terreni dell'area dovrà essere necessariamente approfondita in fase esecutiva, mediante l'esecuzione di opportune indagini in corrispondenza dell'area di fondazione dei futuri edifici. Qualora le indagini in fase esecutiva evidenziassero spessori maggiori della copertura ed in particolare del terreno caratterizzato da valori bassi di resistenza, si potrà ricorrere a fondazioni profonde, da attestarsi direttamente su strati competenti.

Fermo restando quindi la fattibilità della variante in progetto, in fase di progettazione esecutiva si dovranno comunque prevedere gli opportuni approfondimenti geognostici volti alla determinazione del modello geologico-geotecnico del terreno di fondazione secondo quanto previsto nel D.M. 14/01/2008.

La morfologia dell'area caratterizzata dalla presenza di due ampi ripiani, raccordati da una scarpata a media acclività, è tale da ritenere che gli eventuali interventi dovranno essere localizzati in corrispondenza delle zone sub-pianeggianti, eventualmente destinando le zone con maggior pendenza a verde. In ogni caso, in sede di progettazione esecutiva, particolare attenzione andrà comunque rivolta agli eventuali sbanchi che potrebbero essere necessari per la realizzazione degli interventi.

Gli approfondimenti geognostici da eseguirsi dovranno altresì essere mirati a valutare la necessità di realizzare opere di sostegno provvisorie e/o definitive in relazione agli interventi stessi. Non si riscontrano problemi per quel che riguarda il drenaggio superficiale delle acque, evidenziandosi la mancanza di forme chiuse o depresse a deflusso difficoltoso.

Da un punto di vista idrogeologico, sarà opportuno regimare le acque di scorrimento superficiale, provvedendo alla loro raccolta ed allontanamento in idonei fossi di scolo, al fine di evitare eventuali infiltrazioni nella copertura detritica. Non si rileva per l'area una idrologia ipogea, tuttavia la zona è ricca d'acqua per cui non si possono escludere a priori interferenze con gli interventi futuri.

Dallo studio e l'analisi delle carte del PTCP 2009 della Provincia di Modena, riferite al rischio sismico, si evince che la zona è quasi interamente compresa "Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali", mentre una piccola parte ricade in un "Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche".

Lo stendimento sismico con tecnica MASW ha evidenziato sull'area in studio una velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (V_{s30}) di 506 m/s. Sulla base del valore delle V_{s30} secondo la normativa vigente la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B.

In conformità a quanto previsto nell'allegato n.2 dell'Atto di indirizzi (DAL 112) della RER, sono stati calcolati i fattori di amplificazione (F.A.). Considerato che dall'indagine sismica eseguita è risultato che il bedrock sismico si trova ad una profondità di -12,3 m ed il valore delle velocità della copertura corrisponde a $V_{sH} = 314$ m/s per la determinazione del fattore di Amplificazione (FA) si è fatto riferimento al caso di substrato marino caratterizzato da $V_{sH} \geq 800$ m/s per il quale sono stati definiti i seguenti fattori di amplificazione:

$$F.A. \text{ PGA} = 1,7$$

$$F.A. \text{ IS } 0,1 < T_0 < 0,5 = 1,4$$

$$F.A. \text{ IS } 0,5 < T_0 < 1 = 1,0$$

Considerato che la zona in studio presenta una morfologia caratterizzata da due ripiani (inclinazione media $\leq 15^\circ$) raccordati da una scarpata di media pendenza (inclinazione media $> 15^\circ$) sono stati individuati due diversi fattori di amplificazione topografica:

- $St = 1,0$ valido per le zone sub-pianeggianti (inclinazione $\leq 15^\circ$);
- $St = 1,2$ valido per una pendenza con inclinazione media $> 15^\circ$.

Le litologie presenti nel sottosuolo dell'area in studio portano ad escludere per la zona in studio la possibilità del verificarsi del fenomeno della liquefazione in caso di sisma.

7. CONCLUSIONI

La presente relazione tratta dei caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici di un'area, posta nei pressi della nel territorio Comunale di Frassinoro, per la quale è prevista la trasformazione da zona agricola a zona sportiva.

In base alle indagini effettuate ed alle considerazioni svolte, è possibile attribuire ***parere favorevole*** alla trasformazione in esame alle condizioni sopra riportate.

Si è infatti verificata la mancanza di controindicazioni da un punto di vista geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico.

Nell'area non si sono riscontrati particolari problemi, sia dal punto di vista della stabilità, che degli effetti sismici locali in quanto l'area ha raggiunto localmente un discreto grado di equilibrio.

In fase esecutiva si dovrà comunque prevedere un idoneo approfondimento geognostico sull'area di intervento volto ad avere maggiori informazioni sia sullo spessore ed andamento della coltre detritica, sia sulla continuità e caratteristiche del substrato roccioso.

Modena, 14/08/2012

IL TECNICO

Dott. Geol. Gianluca Vaccari



ALLEGATO 1	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE Tabulati e Diagrammi
------------	---

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: Sig.ri Raggioli e Silvestri
Cantiere: La Cà
Località: Frassinoro

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 29/08/2012
 Profondità prova 3,40 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	7	0,855	58,14	68,02	2,91	3,40
0,40	5	0,851	41,34	48,59	2,07	2,43
0,60	6	0,847	49,39	58,31	2,47	2,92
0,80	5	0,843	40,98	48,59	2,05	2,43
1,00	3	0,840	22,65	26,97	1,13	1,35
1,20	3	0,836	22,55	26,97	1,13	1,35
1,40	3	0,833	22,46	26,97	1,12	1,35
1,60	3	0,830	22,37	26,97	1,12	1,35
1,80	1	0,826	7,43	8,99	0,37	0,45
2,00	2	0,823	13,77	16,73	0,69	0,84
2,20	2	0,820	13,72	16,73	0,69	0,84
2,40	2	0,817	13,67	16,73	0,68	0,84
2,60	3	0,814	20,43	25,09	1,02	1,25
2,80	9	0,811	61,08	75,27	3,05	3,76
3,00	27	0,709	149,60	211,10	7,48	10,55
3,20	45	0,606	213,21	351,83	10,66	17,59
3,40	50	0,603	235,88	390,92	11,79	19,55

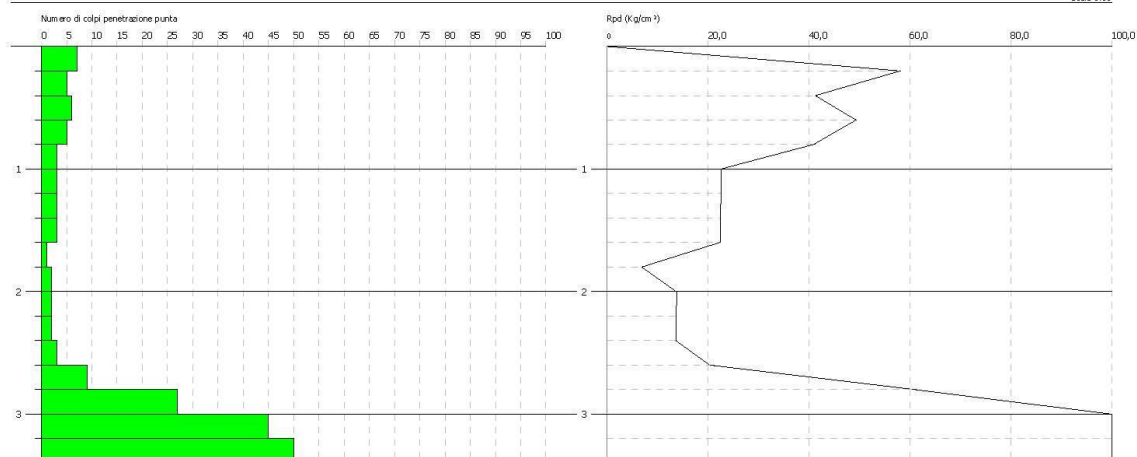
Dott. Geol. Gianluca Vaccari
 Corso Umberto I n. 25
 41057 Spilamberto (Mo)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Sig.ri Raggioli e Silvestri
 Cantiere: La Cà
 Località: Frassinoro

Data: 29/08/2012

Scala 1:50



PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 29/08/2012

Profondità prova 8,00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	24,92	29,15	1,25	1,46
0,40	4	0,851	33,07	38,87	1,65	1,94
0,60	7	0,847	57,62	68,02	2,88	3,40
0,80	9	0,843	73,76	87,46	3,69	4,37
1,00	3	0,840	22,65	26,97	1,13	1,35
1,20	2	0,836	15,04	17,98	0,75	0,90
1,40	3	0,833	22,46	26,97	1,12	1,35
1,60	1	0,830	7,46	8,99	0,37	0,45
1,80	2	0,826	14,86	17,98	0,74	0,90
2,00	2	0,823	13,77	16,73	0,69	0,84
2,20	3	0,820	20,58	25,09	1,03	1,25
2,40	8	0,817	54,67	66,91	2,73	3,35
2,60	14	0,764	89,48	117,09	4,47	5,85
2,80	5	0,811	33,93	41,82	1,70	2,09
3,00	5	0,809	31,61	39,09	1,58	1,95
3,20	4	0,806	25,21	31,27	1,26	1,56
3,40	7	0,803	43,97	54,73	2,20	2,74
3,60	7	0,801	43,83	54,73	2,19	2,74
3,80	7	0,798	43,70	54,73	2,18	2,74
4,00	10	0,796	58,43	73,40	2,92	3,67
4,20	7	0,794	40,78	51,38	2,04	2,57
4,40	9	0,791	52,28	66,06	2,61	3,30
4,60	10	0,789	57,93	73,40	2,90	3,67
4,80	9	0,787	52,00	66,06	2,60	3,30
5,00	11	0,785	59,73	76,09	2,99	3,80
5,20	11	0,783	59,58	76,09	2,98	3,80
5,40	12	0,781	64,83	83,01	3,24	4,15
5,60	12	0,779	64,67	83,01	3,23	4,15
5,80	15	0,727	75,46	103,76	3,77	5,19
6,00	23	0,675	101,61	150,42	5,08	7,52
6,20	15	0,724	71,00	98,10	3,55	4,91
6,40	15	0,722	70,83	98,10	3,54	4,91
6,60	17	0,720	80,09	111,18	4,00	5,56
6,80	20	0,719	94,01	130,80	4,70	6,54
7,00	22	0,667	91,03	136,45	4,55	6,82
7,20	20	0,716	88,77	124,04	4,44	6,20
7,40	21	0,664	86,50	130,25	4,33	6,51
7,60	24	0,663	98,65	148,85	4,93	7,44
7,80	24	0,661	98,43	148,85	4,92	7,44
8,00	27	0,660	105,08	159,23	5,25	7,96

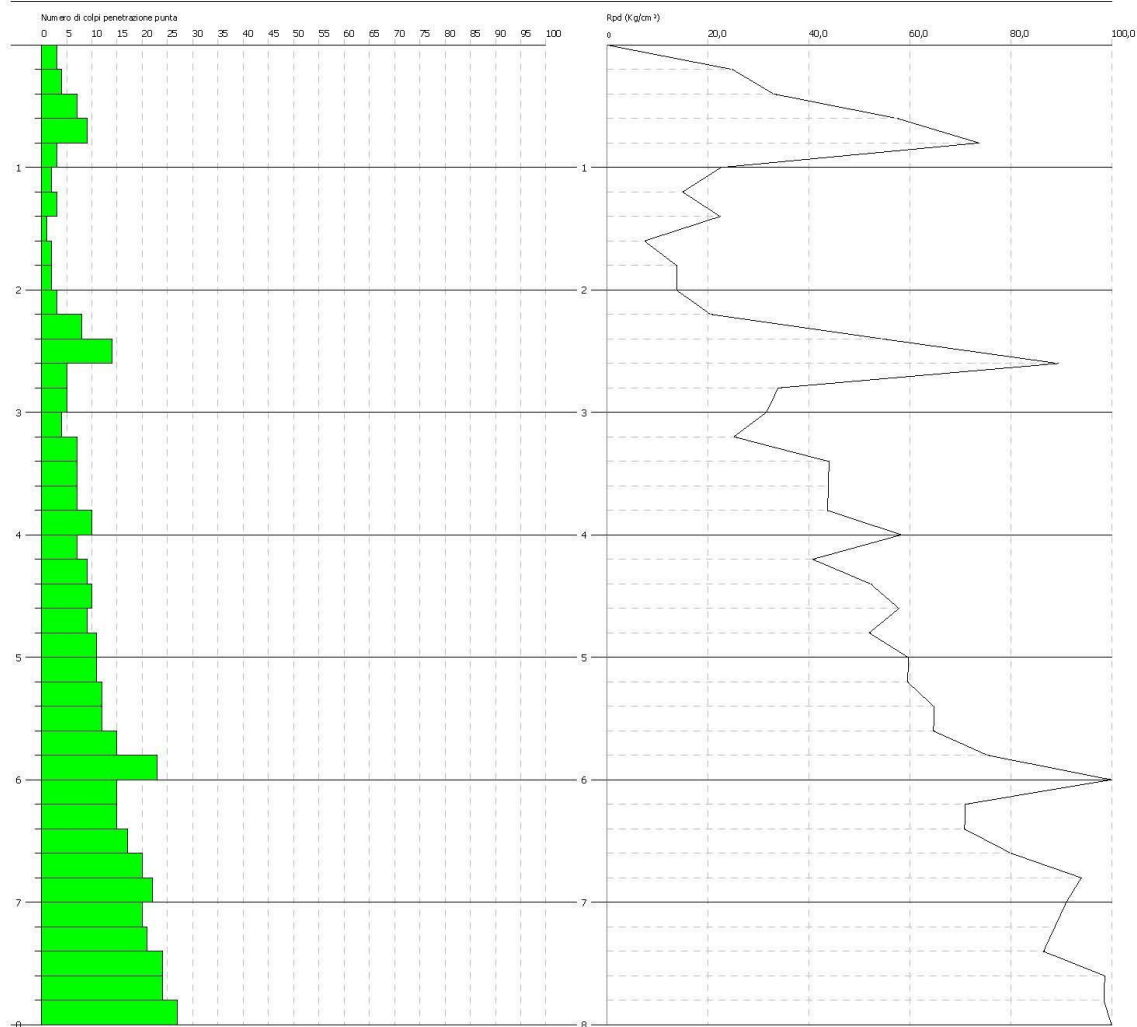
Dott. Geol. Gianluca Vaccari
 Corso Umberto I n. 25
 41057 Spilamberto (Mo)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Sig.ri Raggioli e Silvestri
 Cantiere: Le Cà
 Località: Frassinoro

Data: 29/08/2012

Scala 1:50



<i>Domanda</i>	n. 007
<i>Richiedente</i>	Battani Domenico
<i>Foglio</i>	n. 93
<i>Mappali</i>	746
<i>Tavola PRG</i>	5. 15

STUDIO GEOLOGICO PETRA

di Dott. Geol. Andrea Zanotti
 Piazza Matteotti, 37 - 41121 Modena - tel./fax +3959220030 - studiopetra@libero.it
 Codice fiscale ZNTNDR64E03I462U - Partita I.V.A. 02012030363

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO E RELAZIONE SISMICA

VARIANTE AL PIANO REGOLATORE DEL COMUNE DI
 FRASSINORO (MO): LOTTIZZAZIONE PRIVATA “BATTANI
 DOMENICO”, LOCALITÀ’ DONINI.

REGIONE
 EMILIA – ROMAGNA



RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 11/03/1988, lettere A, B, H;
- Circolare LLPP 24/10/88 n. 30483;
- R.D. n. 3267/1923 e n. 1126/1926,
- L.R. 3/1999, direttiva regionale 117/2000 (Vincolo Idrogeologico)
- PTPC Provincia di Modena;
- Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino del Fiume PO;
- O.P.C.M. n. 3274/2003 (classificazione sismica territorio);
- D. A. L. n. 112/2007 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”
- D. M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni).
- Circolare C.S.LL.PP. 2/2/2009 n.617.

COMMITTENTE :
SIG. BATTANI DOMENICO

IL TECNICO :
DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI

MODENA 07/09/2012

RELAZIONI Frassinoro –variante 2012 Battani Domenico

PUNTI TRATTATI

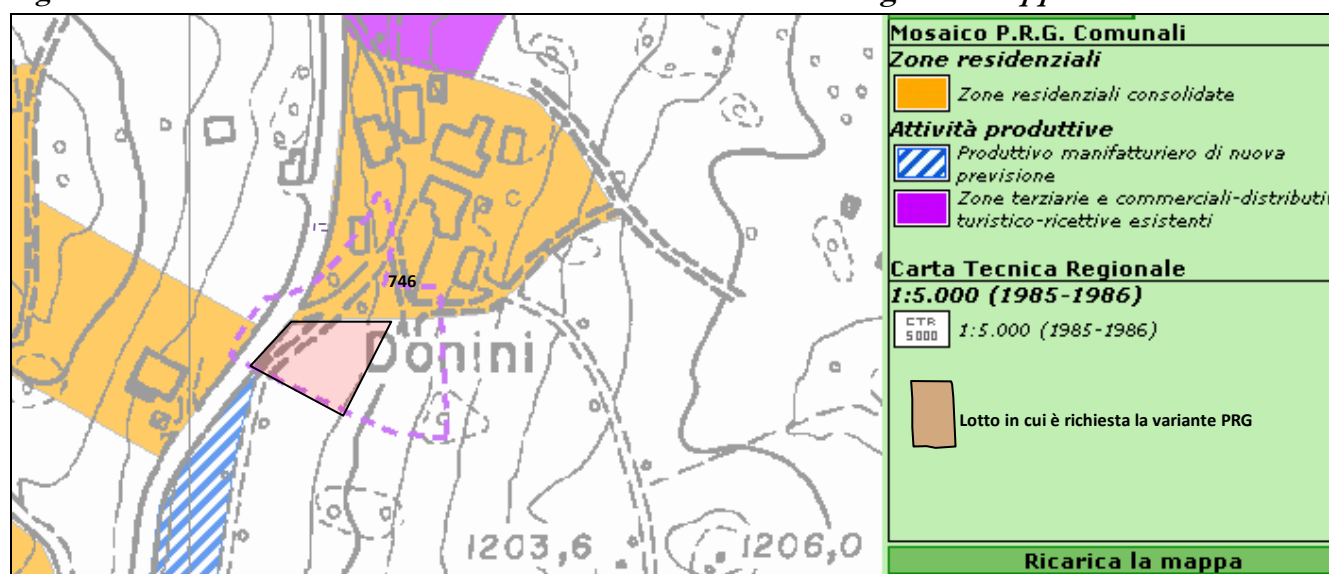
CAP. 1	INTRODUZIONE	pag. 2
CAP. 2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pag. 3
CAP. 3	GEOLOGIA DELL’AREA DI VARIANTE	pag. 3
CAP. 4	CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE	pag. 6
CAP. 5	STRATIGRAFIA PARAMETRI GEOTECNICI	pag. 7
CAP. 6	RELAZIONE SISMICA	pag. 8
CAP. 7	CONCLUSIONI	pag. 12
	ALLEGATI	pag. 14

Cap. 1 INTRODUZIONE

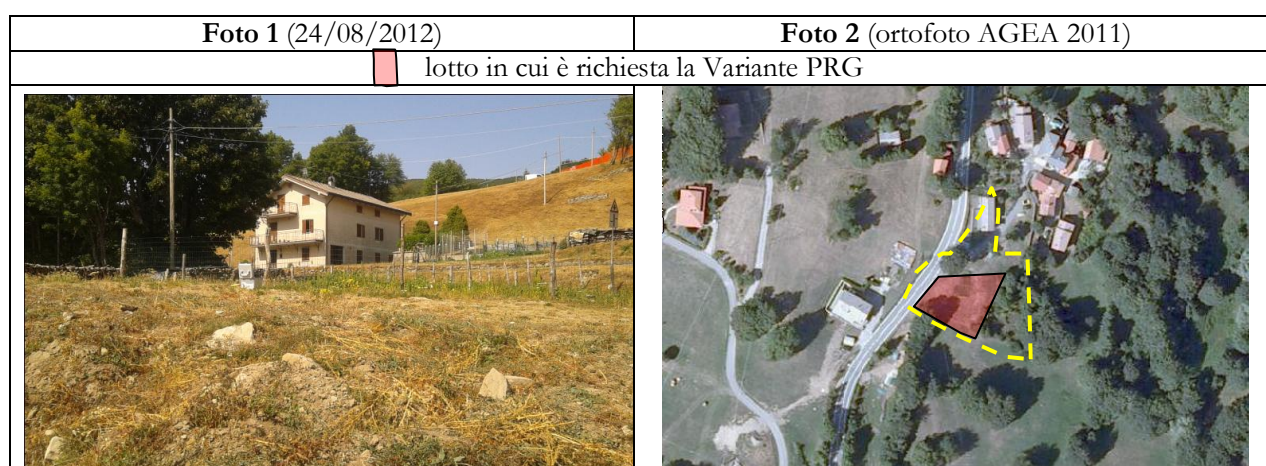
Su incarico della committenza, è stata eseguita la presente relazione con lo scopo di verificare le caratteristiche generali litostratigrafiche, geomeccaniche e sismiche di un'area del comune di Frassinoro, in relazione ad una richiesta di variante al Piano Regolatore comunale, per un lotto di terreno ubicato presso la fraz. Piandelagotti in località Donini, ad una quota media di circa 1230 m /s l m.

Come evidenziato dalla Fig. 1 l'area è già parzialmente inclusa tra le zone residenziali consolidate ed è intenzione del Sig. Battani ottenere l'edificabilità anche nella porzione di terreno pianeggiante prospiciente la S.P. 486, ricompresa nel mappale 746 (si veda anche Foto 2).

Fig.1 - ZONIZZAZIONE PRG FRASSINORO. Rif. Catasto: Foglio 93 mappale 746



Estratto da SISTEMONET, Mosaico P.R.G. comunali 2002 (scala 1:2.500)



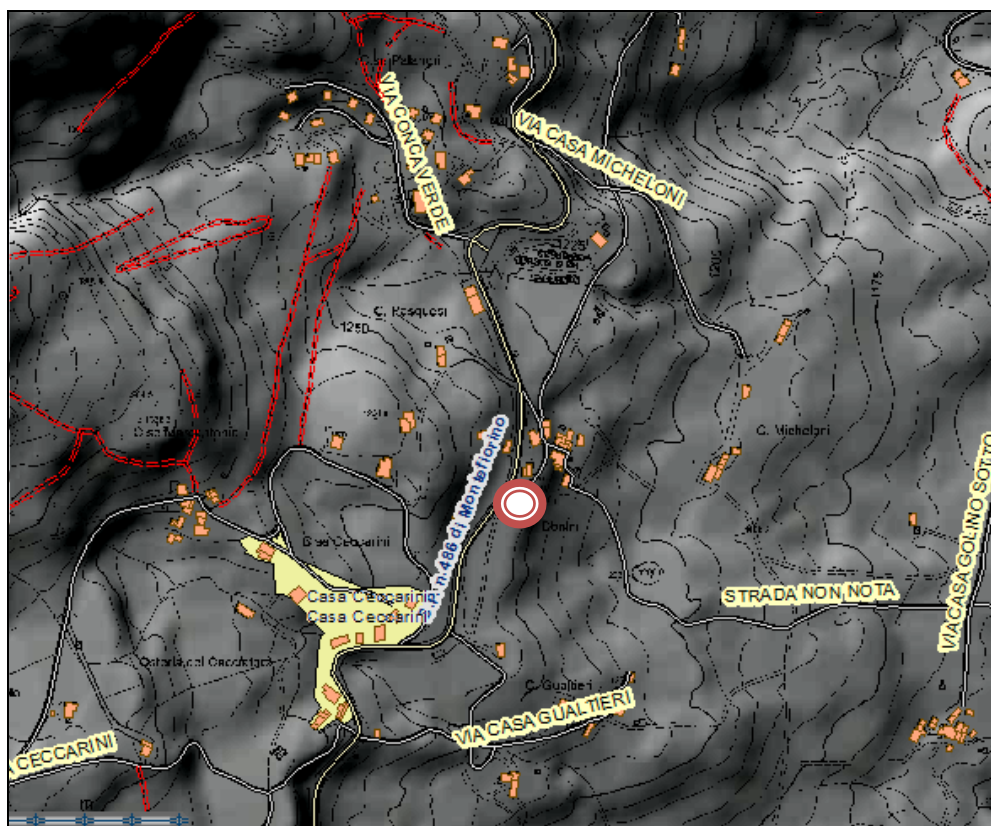
Cap. 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area studiata si trova 1Km circa a sud dell'abitato di Piandelagotti, presso la Località Donini, ed è insediata a lato della S.P. 486; essa è rintracciabile sui seguenti documenti topografici:

Cartografia C.T.R.: Foglio 1:25.000 235 SE Pievepelago; Sezione 1:10.000 - 235150 Piandelagotti.

Cartografia CATASTALE: Foglio 93; Mappale 746.

Fig.2 – LOCALIZZAZIONE SITO



Estratto da GEOWIEWER, (scala 1: 10.000)

Cap. 3 GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE

3.1- Carta geologica Regione Emilia Romagna

Secondo il documento regionale il sito si trova, sopra degli affioramenti quaternari denominati:

➤ **Depositi glaciali e periglaciali (c3)**

Questi sono costituiti da terreni detritici incoerenti anche grossolani inglobati in una matrice argillosa. Essi sono sovrapposti a terreni appartenenti al Dominio Ligure costituiti da:

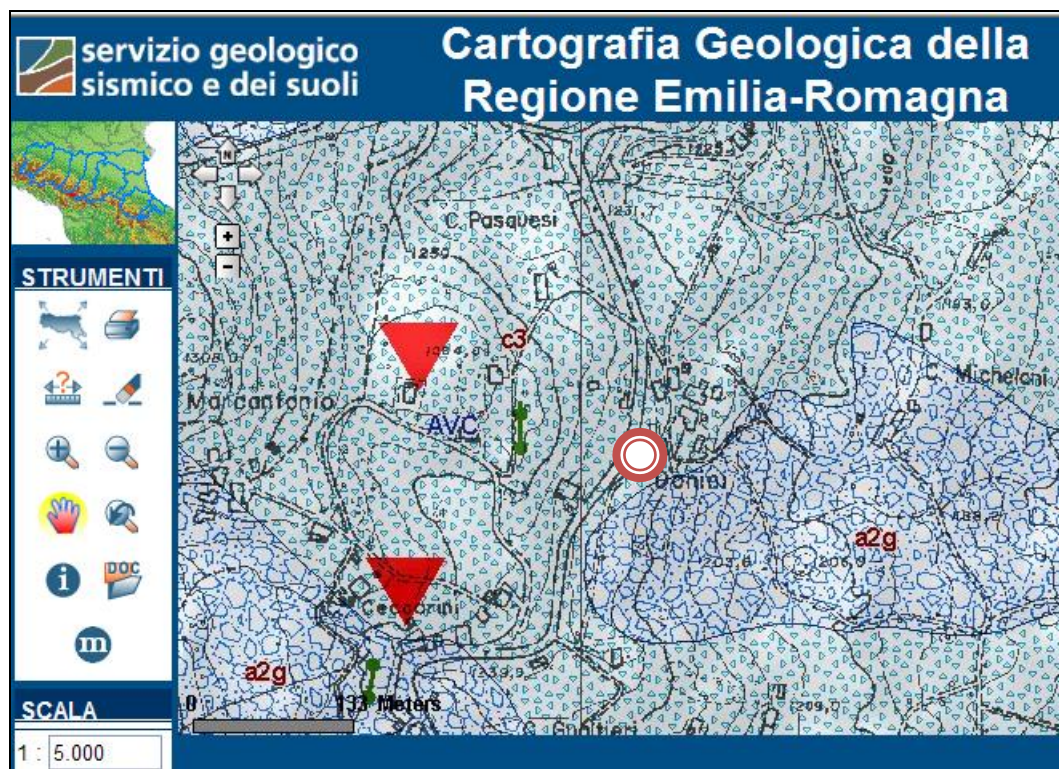
➤ **Argilliti variegata con calcari (AVC)**

Si tratta di argille intensamente tettonizzate, costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione ("argille scagliose").

In aree esterne al sito, negli impluvi, si rinviene la presenza di depositi quaternari costituiti da frane quiescenti di tipologia complessa (**a2g**).

Fig.3 – CARTOGRAFIA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5.000



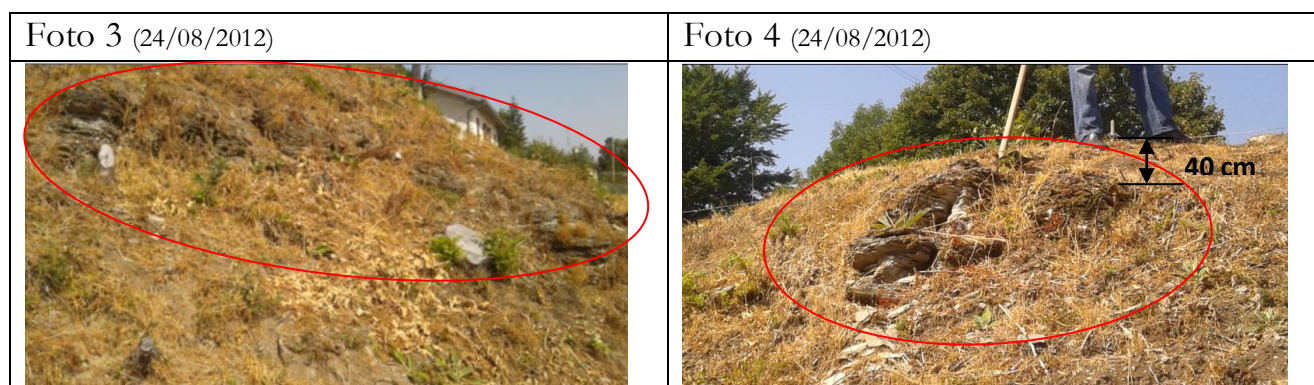
LEGENDA

Prove lineari
— prova MASW
— prova sismica a rifrazione
Prove puntuali
• misure di microtremore a stazione singola (HVSr)
Coperture quaternarie (10K)
■ a2g - Deposito di frana quiescente complessa
■ c3 - Deposito glaciale e periglaciale
Limiti di unità geologiche (10K)
— limite di natura incerta
Unità geologiche (10K)
■ AVC - Argilliti variegati con calcari

3.2 - Dettaglio del Sito

La zona interessata dalla richiesta di variante costituisce un largo spazio pianeggiante ubicato al centro di un lungo e dolce versante che collega lo spartiacque appenninico con il T. Dragone. Il sito è ricoperto da un sottile strato di terreno agrario, profondo pochi decimetri, sovrapposto ai terreni delle AVC. Come evidenziato dalle foto 3 e 4 in corrispondenza della rottura di pendio di valle, a partire da circa 50 cm sotto il p. c., affiorano gli strati compatti delle argilliti che presentano una giacitura normale a reggipoggio.

Gli strati della Foto 3, ubicati a sud – est del lotto di Variante, presentano continuità con quelli della foto 4, posti al margine nord - orientale.



La particolare situazione geologica assicura al sito **condizioni di stabilità**.

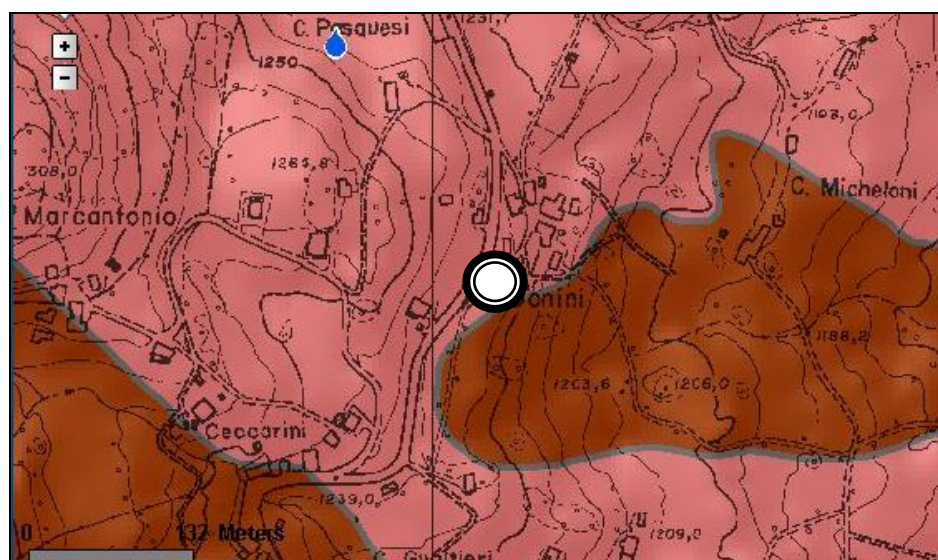
3.3 - Idrogeologia

I terreni affioranti presso il sito sono definiti come *Depositi morenici associati ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'*, ovvero un substrato in cui, pur non essendo presente una falda, possono esservi movimenti stagionali di acqua, in relazione alla piovosità.

Tuttavia non essendo stata rilevata la presenza dei terreni quaternari di origine glaciale, si ritiene che l'area investigata non sia interessata dalla presenza, anche temporanea, di falde.

Fig.4 – CARTOGRAFIA SORGENTI E ACQUIFERI REGIONALE

Scala 1:5.000



LEGENDA

	Sorgenti 10k
Coperture di versante, su ammassi rocciosi	
	cop1a - Coperture detritiche di versante, associate ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'
Depositi morenici	
	cop1c - Depositi morenici associati ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'
Ammassi rocciosi	
	ar1 - Ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'

Cap. 4 CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE

4.1 – PTCP, Carta del Rischio da Frana

Fig. 5 – CARTA DEL DISSESTO



L'area **non è interessata** da alcun tipo di dissesto (pur essendo confinante alle aree interessate da frane quiescenti) e quindi non risulta soggetta alle limitazioni dell'art. 15.

4.2 – PTCP, Rischio Sismico

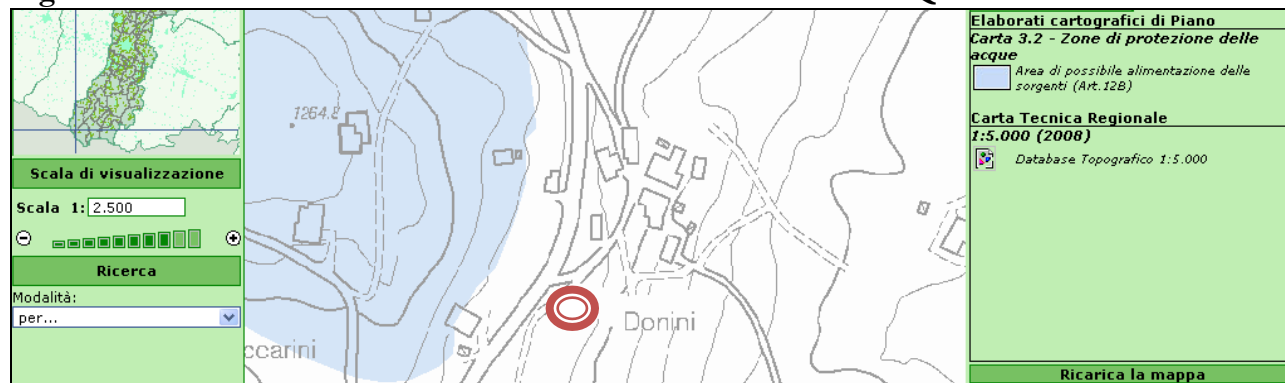
Fig. 6 – CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DEGLI EFFETTI LOCALI



La porzione di lotto appetibile per usi edilizi ricade in un'area "potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche", tuttavia per una valutazione corretta del *coefficiente di amplificazione litologico* si rimanda al capitolo 6.

4.3 – PTCP, Protezione delle acque

Fig. 7 – CARTA DELLE ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE



Il sito non ricade in aree di possibile alimentazione delle sorgenti e pertanto non è assoggettato alle limitazioni dell'art. 12B.

Cap. 5 - STRATIGRAFIA, PARAMETRI GEOTECNICI

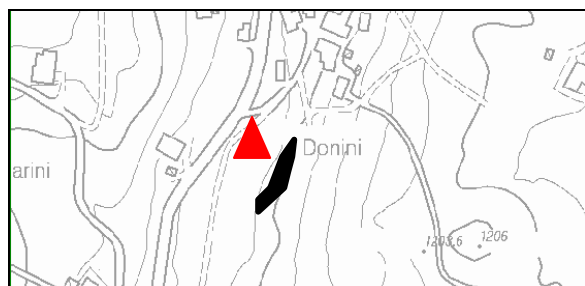
Per esperienza diretta dello scrivente il terreno di Variante risulta impenetrabile, alle prove penetrometriche dinamiche e statiche, a partire da 40/60 cm. Pertanto la stratigrafia del sito è stata delineata facendo riferimento al rilevamento di dettaglio (si veda cap. 3 e relative foto n. 3 e 4) e ad una prospezione sismica HVSR eseguita dallo scrivente in data 24/08/2012.

Si è così evidenziata la presenza di uno strato decimetrico di terreno aerato seguito da terreno argillitico in posto (AVC) con caratteristiche meccaniche crescenti in profondità.

In sintesi:

Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	litologia
0.40	0.40	240	Terreno agrario
2.10	1.70	310	Argilliti alterate
9.10	7.00	520	Argilliti integre

FIG. 8 UBICAZIONE SONDAGGI



scala 1:5000



HVSR



Affioramento strati AVC

5.1 Parametri geotecnici

Facendo riferimento ad analisi di laboratorio pregresse, eseguite sui terreni argillitici di Piandelagotti a cura dello scrivente con la collaborazione della Provincia di Modena e dell'ex Genio Civile nell'ambito del PROGETTO SCAI - *Proposta di una carta del rischio da frana per il centro abitato di Piandelagotti* – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle catastrofi Idrogeologiche- 1993), si assumono i seguenti **parametri geotecnici medi relativi al tetto di AVC** (in passato accorpata ai terreni dell'Unità di Pievepelago UPI):

Proprietà geotecniche e caratteristiche fisico-meccaniche

In passato sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio sia lo strato argilloso plastico, presente quasi ovunque sotto lo strato aerato, che lo strato argilloso polverulento insediato al tetto del substrato roccioso (che, a valle della S.S. 486, è costituito da marne compatte dell'Unità di Pievepelago). Tali analisi hanno fornito i seguenti parametri medi:

ARGILLE POLVERULENTE (tetto di UPI)

W(%)	WI(%)	Wp(%)	PI (%)	γ (t/m ³)	ϕ (°)	c' (Kg/cm ²)	Kt (Kg/cm ²)	committente
14	28,9	18,3	10,6	1,9	29	0,4	1,1	Sigg. Gualtieri

Estratto da: *Andrea Zanotti*
 "PROGETTO SCAI -
 Proposta di una carta del rischio
 da frana per il centro abitato di
 Piandelagotti" – Gruppo
 Nazionale per la Difesa dalle
 catastrofi Idrogeologiche- 1993

Cap. 6 - RELAZIONE SISMICA

In seguito alla classificazione sismica proposta dall'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ed al D. M. 14/01/2008 recante *norme tecniche per le costruzioni*, il **Comune di Frassinoro ricade in zona 2**.

Decreti fino al 1984	GdL 1988	Classificazione 2003
sismicità alta, S = 12	prima categoria	Zona 1
sismicità media, S = 9	seconda categoria	Zona 2
sismicità bassa, S = 6	terza categoria	Zona 3

6.1 Pericolosità sismica di base del sito

Secondo il D.M. 14/01/2008 il calcolo dell'azione sismica dipende innanzitutto dalla posizione geografica del sito. La normativa fornisce per **10751** punti del *reticolo di riferimento* **9** valori del periodo di ritorno TR (**30** anni, **50** anni, **72** anni, **101** anni, **140** anni, **201** anni, **475** anni, **975** anni, **2475** anni).



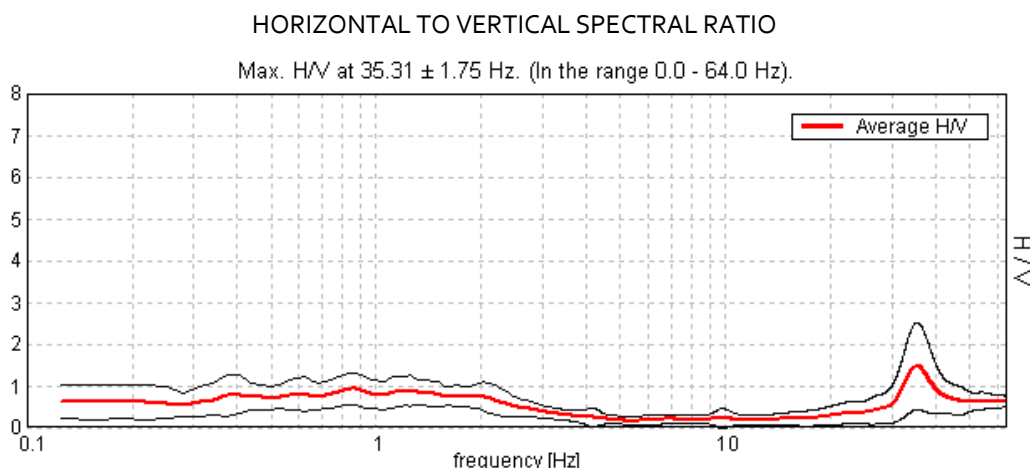
Introducendo le coordinate geografiche esatte dell'intervento si ottengono i parametri sismici di base dell'area (a_g , F_o , T_c) e gli spettri di risposta elastici di base per i periodi TR di riferimento.

Questi ultimi non tengono conto degli effetti determinati dall'“*amplificazione sismica locale*” e dal tipo di “*prestazioni*” previste per l'edificio in progetto, che vengono pertanto dimensionati nei paragrafi successivi.

Coordinate WGS84: latitudine: 44,214071 [°], longitudine: 10,515031 [°]

6.2 Amplificazione stratigrafica

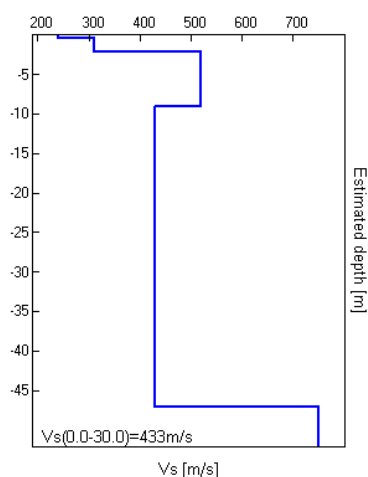
Ai sensi della normativa vigente la classificazione del suolo avviene in base alla velocità delle onde S nel terreno, entro i primi 30 m di profondità dal p.c. Per determinare tale valore (denominato **Vs 30**), in data 24/08/2012, è stata eseguita, presso il sito, una prospezione sismica mediante sismografo a stazione singola della Micromed (tromino Engy). La misura si basa sulla registrazione dei microtrempi tramite i rapporti spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali e verticali del moto (Noghoishi e Igarashi 1970). La frequenza fondamentale di risonanza (F_r) dello strato relativa alle onde S è pari a: $F_r = V_s / (4 \cdot h)$. Dal grafico che segue si possono osservare dei picchi che corrispondono agli strati di terreno identificati (terreno quaternario, argilliti, e substrato compatto).



Dalla formula precedente, fissati i valori medi della V_s , si può calcolare approssimativamente lo spessore del primo strato costituito da terreno superficiale (0.4 m). Estendendo e raffinando il ragionamento a tutti gli altri strati ed eseguendo l'inversione della velocità con ricostruzione teorica del grafico delle frequenze attraverso

opportuno software si ottiene la seguente interpretazione stratigrafica più dettagliata:

Si noti un primo netto cambio di velocità a circa - 1,7 m dal p.c. corrispondente al passaggio *terreno superficiale* – *argilliti alterate*, ed un altro cambio a - 9,1 m dal p.c. fra *argilliti* – *substrato compatto*, con $V_s = 520$ m/s.



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]
0.40	0.40	240
2.10	1.70	310
9.10	7.00	520
47.10	38.00	430
inf.	inf.	750

In conclusione, dall'analisi delle V_{s30} misurate con il sismografo, si ottiene un suolo con:

$$V_{s30} = 433 \text{ m/s.}$$

Determinata la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio (V_{s30}), ai sensi della normativa vigente si classifica il terreno di fondazione dell'intervento in progetto appartenente alla categoria B:

categoria "B" Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con $360 \text{ m/s} < V_{s30} < 800 \text{ m/s}$ (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ o coesione non drenata $c_u > 250 \text{ Kpa}$).

Dove il coefficiente di amplificazione stratigrafica vale:

$$S_s = 1.2$$

6.3 Amplificazione topografica

Dal punto di vista topografico il terreno rientra nella: **classe T1**

T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

dove il coefficiente di amplificazione topografica vale: **St = 1.0**

6.4 Strategia di progettazione

La **vita nominale** di un'opera strutturale **VN** è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 **classi d'uso**, alle quali vengono associati i seguenti **coefficienti d'uso CU** :

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE CU	0.7	1.0	1.5	2.0

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un **periodo di riferimento VR** che si ricava, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:
 $VR = VN \times CU$.

Ipotizzando la realizzazione di un nuovo manufatto ad uso abitazione civile, sono quindi attese le seguenti prestazioni:

*vita nominale VN = 50 anni (opere ordinarie),
 classe d'uso = II , (normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente)
 coefficiente d'uso cu = 1,
 vita di riferimento VR = VN x CU = 50 x 1 = 50 anni*

6.5 Azione sismica di progetto

Combinando l'azione sismica di base (determinata dalla posizione geografica del sito) con gli effetti di amplificazione locale e le prestazioni attese dalla costruzione, si calcolano i parametri **a_g**, **F_o**, **T_c**, da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE** di **Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU** di **Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, come previsto dalla normativa vigente.

STATO LIMITE	Prob. Superamento (%)	T _R (anni)	A _g (g)	F _o (-)	T _c (s)
SLO operatività	81	30	0.063	2,432	0,249
SLD danno	63	50	0.080	2,441	0,257
SLV vita	10	475	0.200	2,386	0,286
SLC collasso	5	975	0.255	2,398	0,290

a_g è l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale. **F_o** è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2. **T_c** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

Nella sottostante tabella si riassumono i principali **Coefficienti sismici**:

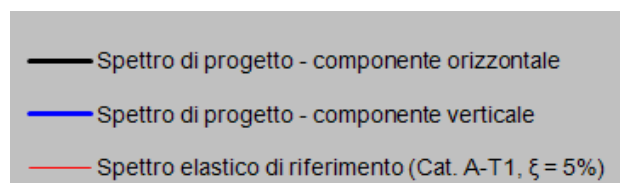
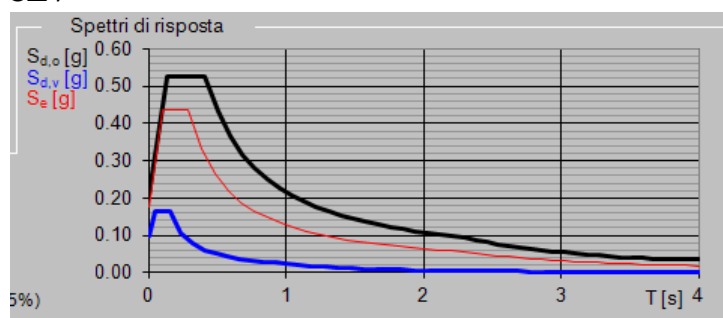
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,450	1,000	0,014	0,007	0,737	0,180
SLD	1,200	1,440	1,000	0,017	0,009	0,942	0,180
SLV	1,200	1,410	1,000	0,074	0,037	2,354	0,310
SLC	1,160	1,410	1,000	0,092	0,046	2,902	0,310

S_s = amplificazione stratigrafica, C_c = coefficiente che modifica il valore del periodo T_C , K_h = coefficiente sismico orizzontale, K_v = coefficiente sismico verticale, St = amplificazione topografica, A_{max} = accelerazione massima in superficie.

Ne risultano i seguenti **spettri di progetto ed elastici** :

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.

SLV



Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_t \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{1.0 / (5 + \xi)} \geq 0.55; \eta = 1 / q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c T_D}{T^2} \right)$$

6.6 Accelerazione massima in superficie

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s ed S_t sono rispettivamente i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica. In questo caso riferendoci allo stato limite SLV si ottiene:

$$a_{max} = 1.2 \times 1 \times 0.199 \times g = 2,354 \text{ m/s}^2$$

6.7 Verifica a liquefazione

Le indagini svolte hanno **escluso la presenza di orizzonti liquefacibili**.

6.8 calcolo dei Fattori di Amplificazione (F.A.) sismica al suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura si ottiene con la seguente formula:

$$V_{s_{MEDIA}} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}} = 293 \text{ m/s}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura
 h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo
 V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo

Tenendo conto dei sondaggi e delle prove sismiche realizzate sul sito si determina lo spessore dello strato di copertura a 2.1 m.

Attraverso il dato ottenuto, con l'ausilio delle tabelle allegate alla deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna si determinano i fattori di amplificazione per le caratteristiche litologiche, che valgono:

F.A. P.G.A. (Picco Accelerazione Gravitazionale) = 1.7

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < T_0 < 0.5s = 1.5

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < T_0 < 1.0s = 1.4

Cap. 7 CONCLUSIONI

La presente relazione tratta dell'analisi di fattibilità di una variante del Piano Regolatore di Frassinoro (MO), per un lotto di terreno ubicato a sud Piandelagotti, loc. *Donini*.

I dati relativi ai caratteri geologici, geotecnici e sismici del sito sono stati confrontati con le prescrizioni contenute nelle leggi e negli strumenti di pianificazione vigenti.

Si è rilevato che il sito si trova sopra un terreno costituito da un sottile strato di suolo agrario, sovrapposto all'Unità delle *Argilliti Variegate con Calcarei* (AVC).

Il lotto si trova in **condizioni di stabilità e non interferisce con acque di falda e/o superficiali**.

Dal confronto con il P.T.C.P. della Provincia di Modena si è riscontrato che la variante proposta **non interferisce** con le limitazioni d'uso del suolo previste dalle norme di Piano (si veda cap. 4).

La stratigrafia è stata ricostruita con l'ausilio del rilevamento di dettaglio e di una prospezione sismica HVSR, eseguita dallo scrivente (si veda Cap. 5).

I dati ottenuti evidenziano la presenza di un primo strato, profondo fino a circa 50 cm rappresentato da suolo areato, seguito da terreno argillitico in posto (AVC) dotato di buone caratteristiche meccaniche, crescenti con la profondità.

Dal punto di vista sismico ne sono emersi i seguenti parametri (si veda cap. 6):

D. M. 14/01/2008

- | | |
|--|------------------------------------|
| - cat. terreno di fondazione: | Cat. "B" ($V_{s30}=433$ m/s) |
| - coefficiente di amplificazione stratigrafica per SLV | $S_s = 1,2$ |
| - classe topografica T1, coefficiente di amplificazione topografica, | $S_t = 1,0$ |
| - accelerazione max in superficie per SLV | $a_{max} = 2,354$ m/s ² |

Deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna

- velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura: V_s media = 293 m/s
- fattori di amplificazione:

F.A. P.G.A. = 1.7

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s = 1.5$

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s = 1.4$

i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima), F_0 (fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima), T_c (periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro) e gli **spettri elastici di progetto**, da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE di Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU di Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, sono stati dimensionati ipotizzando la realizzazione di un manufatto con CU (classe d'uso) = II e VN (Vita Nominale) = 50 anni. La loro quantificazione dovrà ovviamente essere rivista in fase esecutiva in rapporto alle effettive prestazioni del manufatto.

In conclusione, l'area osservata si trova in condizione di **stabilità** e la realizzazione di eventuali interventi edilizi non produrrà variazioni degli equilibri esistenti.

Per la definizione del tipo di fondazioni da adottare e relativi carichi applicati, si attende un progetto esecutivo che **andrà corredato da specifica campagna geognostica**.

Considerata la non interferenza con acque superficiali e con altre limitazioni di carattere legislativo, **si ritiene verificata la fattibilità geologica, geotecnica e sismica della richiesta variante al Piano Regolatore di Frassinoro (MO)**, relativamente al lotto esaminato.

DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI
 ISCRITTO ALL'ORDINE REGIONALE DEI
 GEOLOGI CON IL NUMERO 558

Si rilascia l'assenso per l'uso di tale relazione da parte del Comune per scopi di tipo pianificatorio.

ALLEGATI

• Prospezione sismica HVSR

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: MICROMED TROMINO ENGY

PIANDELAGOTTI, CASA DONINO BATTANI

Strumento: TEP-0149/01-11

Inizio registrazione: 22/08/12 11:30:29 Fine registrazione: 22/08/12 11:46:29

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-;
TRG + TRG -

Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 85% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

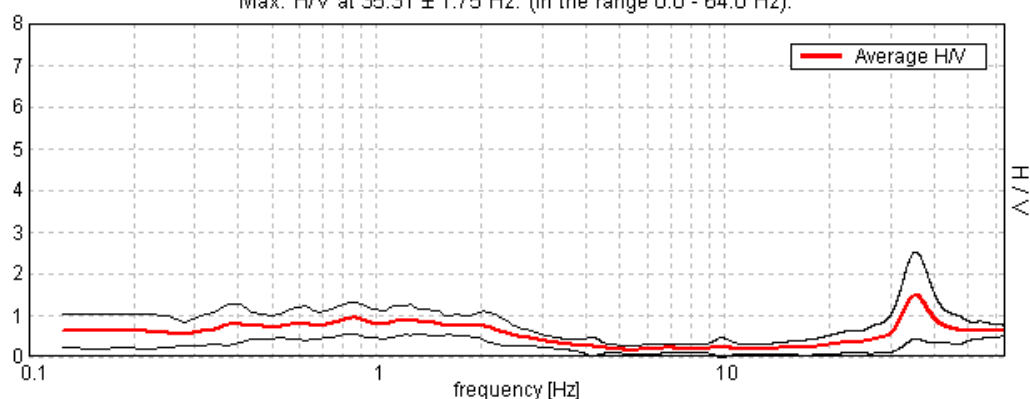
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

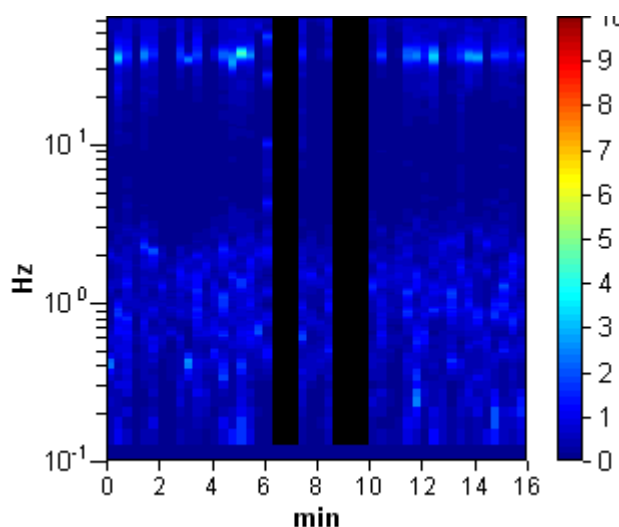
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

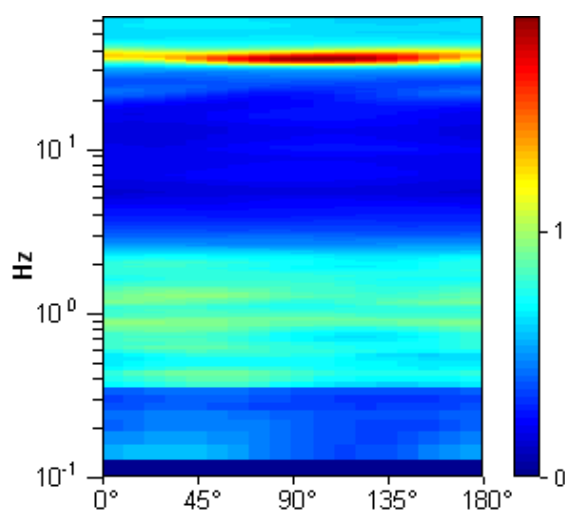
Max. H/V at 35.31 ± 1.75 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



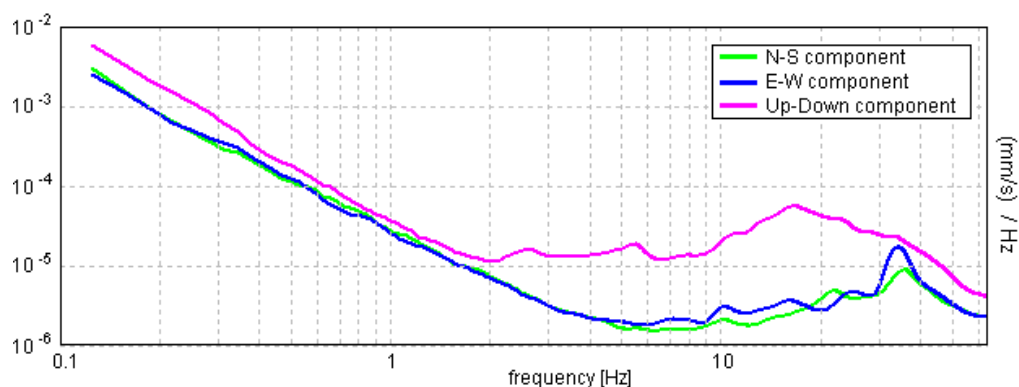
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

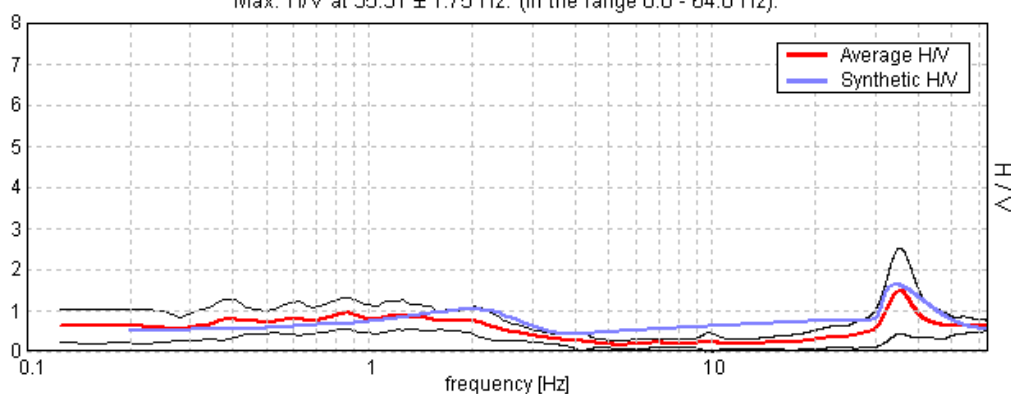


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

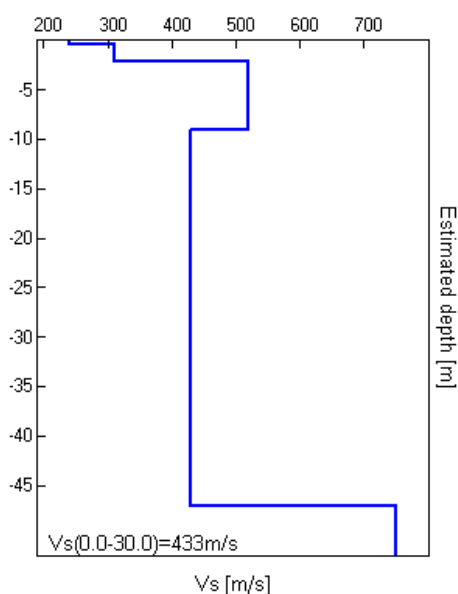


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 35.31 ± 1.75 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.40	0.40	240	0.35
2.10	1.70	310	0.35
9.10	7.00	520	0.35
47.10	38.00	430	0.35
inf.	inf.	750	0.35



$V_s(0.0-30.0)=433\text{m/s}$

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 35.31 ± 1.75 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$35.31 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$28956.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1484	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	31.219 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	42.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.18 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02418 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.85396 < 1.76563$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5075 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

<i>Domanda</i>	n. 010
<i>Richiedente</i>	Stefani Giancarlo
<i>Foglio</i>	n. 26
<i>Mappali</i>	781 - 782
<i>Tavola PRG</i>	5.7

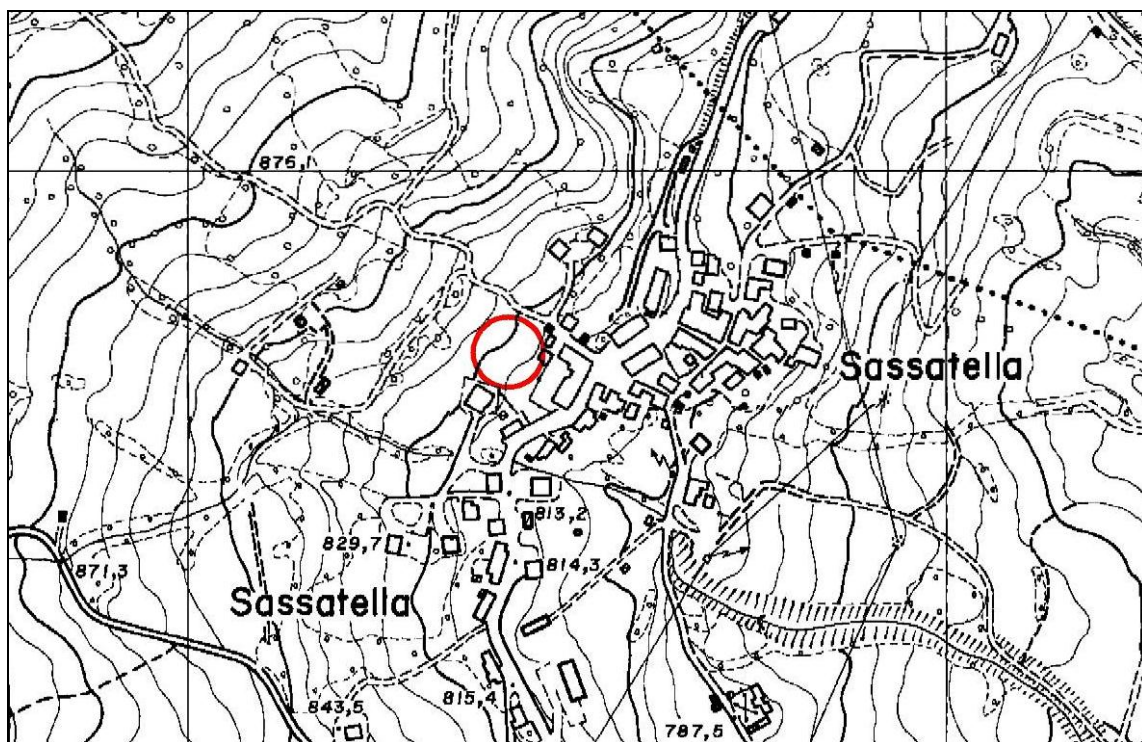
COMUNE DI FRASSINORO

PROVINCIA DI MODENA

AREA DI VARIANTE AL PRG

PROPRIETA': SIG. STEFANI GIANCARLO

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA



Dott. Geol. GIANLUCA VACCARI

C.RSO UMBERTO I, 25 – 41057 SPILAMBERTO (MO)

Tel./Fax 059353059 – Cell. 347/4935672

e-mail: vaccari.gianluca@gmail.com

AGOSTO 2012

Dott. Gianluca Vaccari
Geologo

Studio:

C.so Umberto I, 25
41057 Spilamberto (Mo)
Tel/Fax 059353059
Cell. 3474935672
e-mail: vaccari.gianluca@gmail.com

Modena, 12/08/2012

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

PROGETTO: Variante al PRG

PROVINCIA: Modena

COMUNE: Frassinoro

LOCALITA': Sassatella

PROPRIETA': Sig. Stefani Giancarlo

RIFERIMENTO NORMATIVO: Circolare Regionale n. 1288 del 02/03/1983; L.R. 07/12/1978 n. 47; D.M. 11/03/1988; D.M. 14/01/2008; PTCP della Provincia di Modena; Del. G.R. 1677/2005; Del. Ass. Leg. Della RER 112/2007.

RELAZIONE REDATTA AD USO: Verifica di Fattibilità

INDICE

PREMESSA.....	4
1. DESCRIZIONE DELL'AREA DI VARIANTE.....	5
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AMBIENTALE.....	9
2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	9
2.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	11
3. RAPPORTI TRA L'AREA DI VARIANTE ED IL PTCP.....	13
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE	16
4.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO	16
4.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE.....	16
4.3 INDAGINE GEOFISICA - MASW	20
5. MICROZONAZIONE SISMICA.....	26
5.1 NORMATIVA SISMICA.....	26
5.2 MICROZONAZIONE SISMICA – I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	26
5.3 MICROZONAZIONE SISMICA – II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	27
6. CONSIDERAZIONI DI FATTIBILITA' DELLA VARIANTE AL PRG	29
7. CONCLUSIONI	31

Allegati:

Allegato 1 Prove Penetrometriche Dinamiche – Tabulati e Diagrammi

PREMESSA

Su incarico della Proprietà, Sig. Giancarlo Stefani, si è proceduto alla redazione della presente relazione geologica e sismica di fattibilità, inerente un lotto di terreno, situato in località Sassatella nel Comune di Frassinoro in Provincia di Modena, interessato dal progetto di variante al PRG da zona agricola a zona residenziale.

Scopo dello studio è stato quello di definire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche della zona in oggetto e di un suo significativo intorno, al fine di verificare la fattibilità della nuova destinazione urbanistica.

Lo studio è stato condotto nel rispetto delle vigenti normative in materia e per l'adempimento delle specifiche in esse contenute è stato eseguito in data 11/08/2012 un sopralluogo sull'area al fine di verificarne l'idoneità geologica e geomorfologica.

Si è altresì effettuato un rilievo dei terreni affioranti della zona in esame e di un suo intorno significativo che, con il supporto di dati bibliografici, ha permesso la ricostruzione geologica geomorfologica della zona.

Per la caratterizzazione litostratigrafica, geotecnica e sismica dei terreni sono state effettuate ed utilizzate le seguenti indagini geognostiche:

- n° 4 prove penetrometriche dinamiche, spinte sino a rifiuto all'infissione dello strumento, registrato alla profondità massima di 5,7 m dal piano di campagna, in corrispondenza della quale si è rinvenuto uno strato costituito da elementi lapidei che non ha permesso oltre l'avanzamento;
- n. 1 indagine sismica con metodo MASW di tipo attivo. L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire da piano campagna (V_{s30}), in riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio (N.t.c. 23/09/05), al D.m. 14/01/08 ("Nuove norme tecniche per la costruzione") e alla delibera G.r.e.r. (n. 1677 del 24/10/05).

Sulla base delle indagini e considerazioni svolte si è quindi valutata la fattibilità geologica dell'area oggetto di variante, al fine di stabilire se tali scelte urbanistiche sono compatibili con le caratteristiche del territorio, e riguardino di conseguenza zone geologicamente idonee.

Vengono fornite indicazioni sulla litologia dei terreni presenti, sulla litostratigrafia, con particolare riferimento alle caratteristiche geotecniche in merito ad eventuali prescrizioni per i nuovi insediamenti.

1. DESCRIZIONE DELL'AREA DI VARIANTE

La Variante al PRG prevede la trasformazione urbanistica di un'area da zona agricola a zona di completamento residenziale.

In fotografia 1 si può osservare la zona interessata dalla variante urbanistica.



Fotografia 1 – Veduta da monte dell'Area di Variante.

In figura 1 è riportato un estratto al PRG vigente sul quale viene evidenziata l'area oggetto di variante, mentre in figura 2 è riportato un estratto del PRG modificato.

In figura 3 è riportata una planimetria generale dell'area di variante realizzata su base catastale.

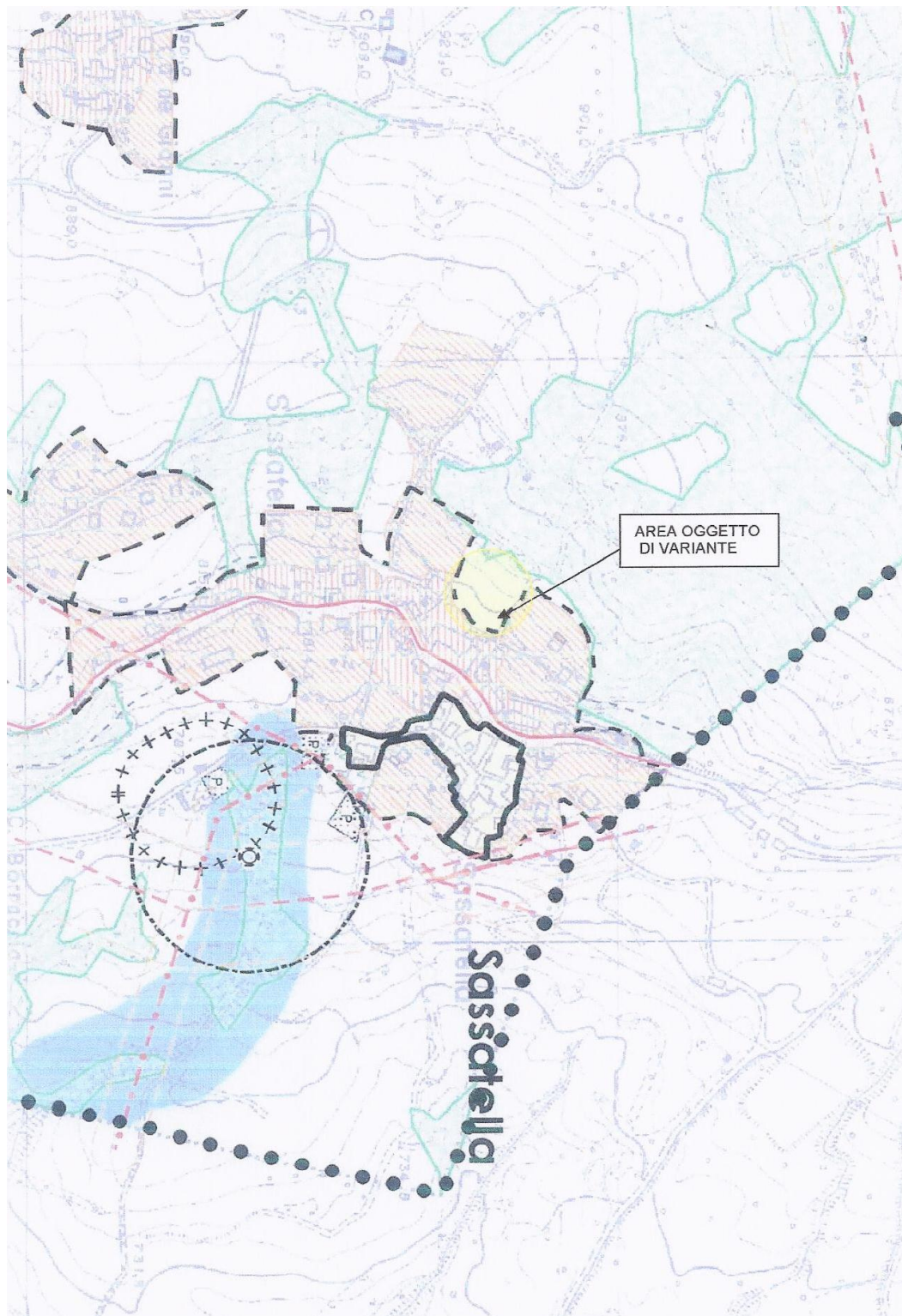


Figura 1 – ESTRATTO PRG VIGENTE

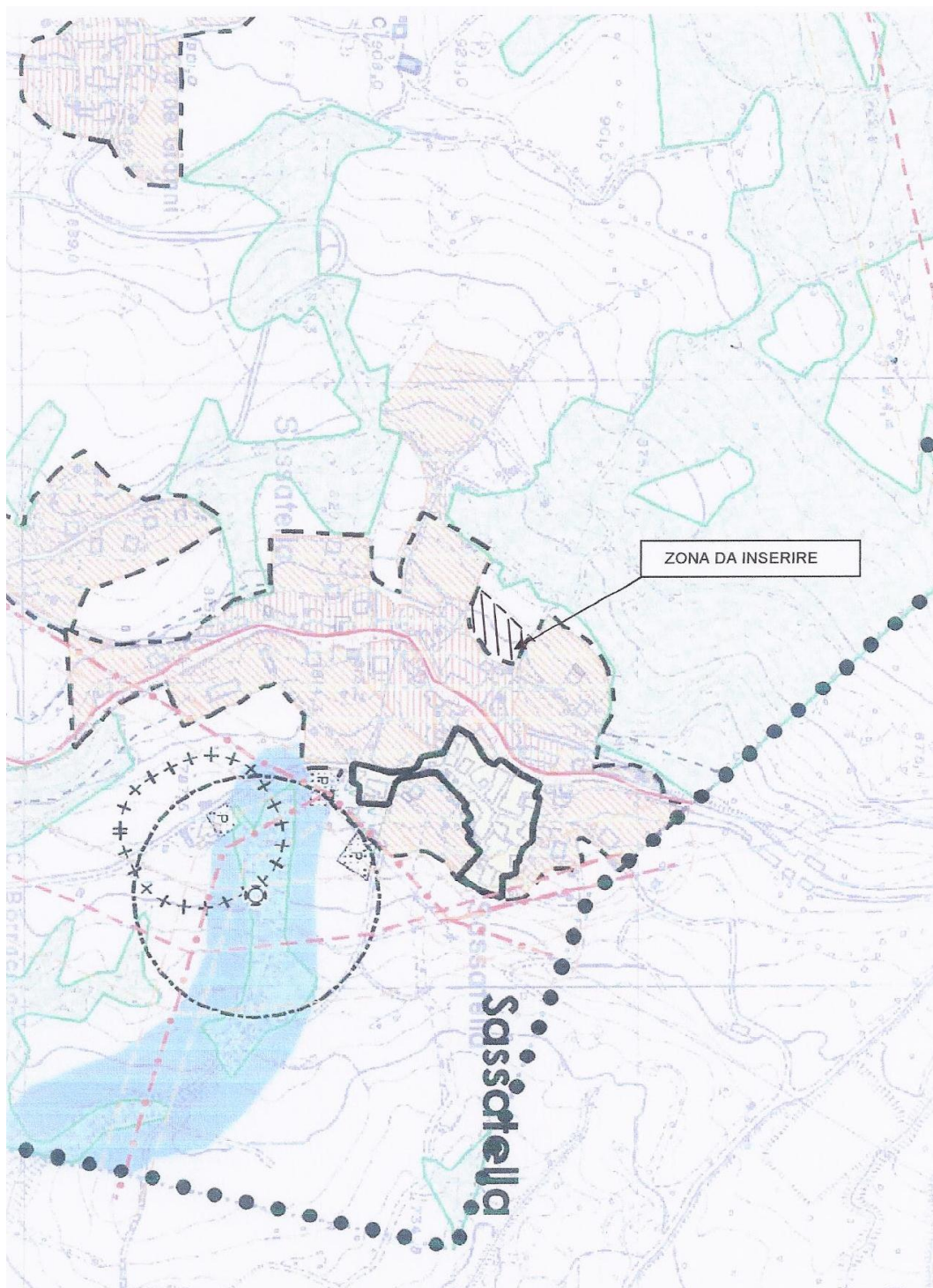


Figura 2 – ESTRATTO PRG MODIFICATO

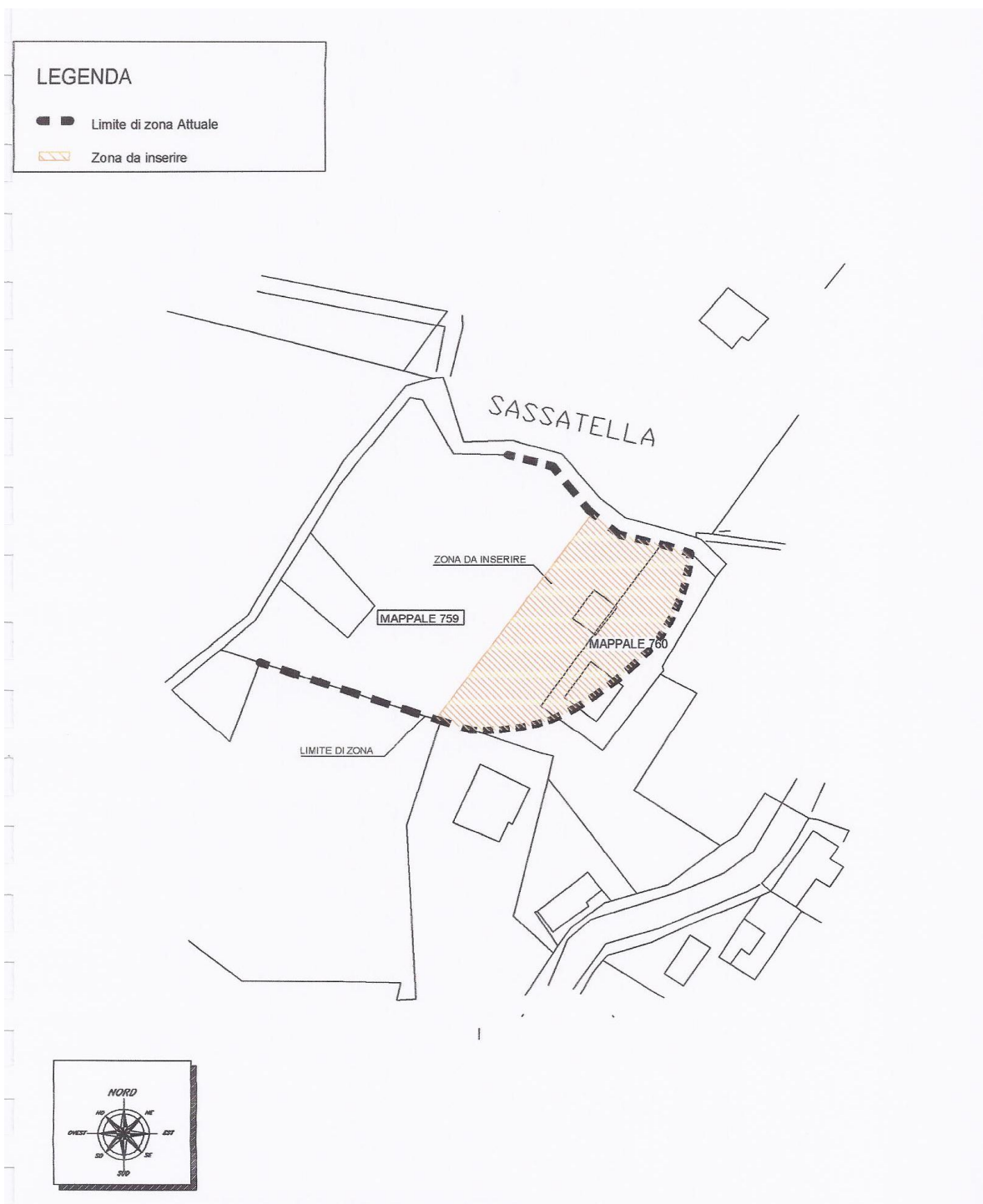


Figura 3 – PLANIMETRIA VARIANTE PRG

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AMBIENTALE

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di variante in esame, è situata alla periferia settentrionale della frazione di Sassatella nel territorio comunale di Frassinoro in Provincia di Modena.

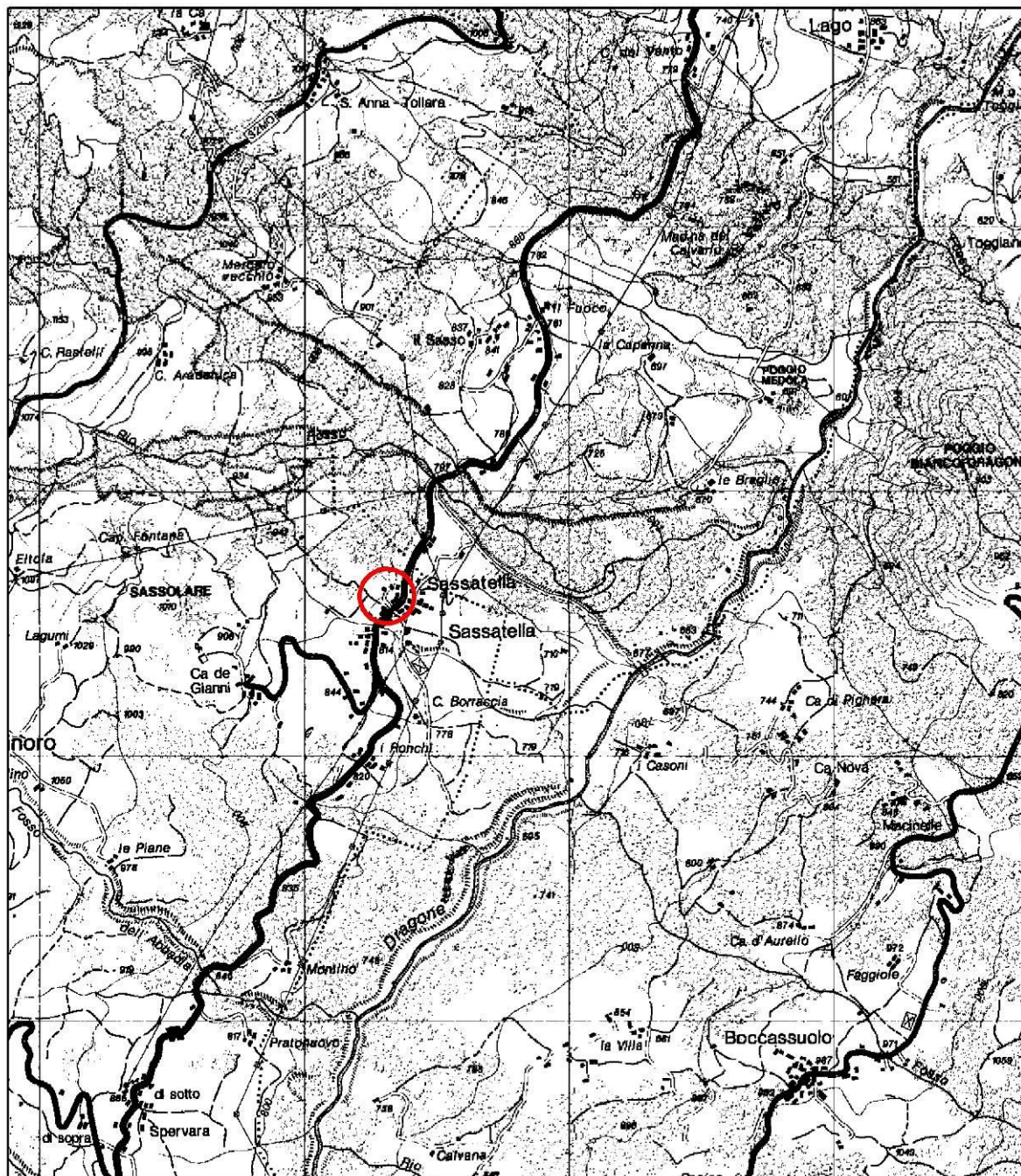


Figura 4 – COROGRAFIA – Tavola 235NE - Scala 1:25.000

Si tratta di una zona di media montagna, posta ad una quota di circa 825 m s.l.m. e situata a mezza costa di un versante, posto alla sinistra idrografica del torrente Dragone, affluente del fiume Secchia, che rappresenta il collettore idrografico principale. Il rilievo principale della zona è rappresentato dal M. Mattioli (1357 m) che si trova ad ovest del centro abitato di Frassinoro.

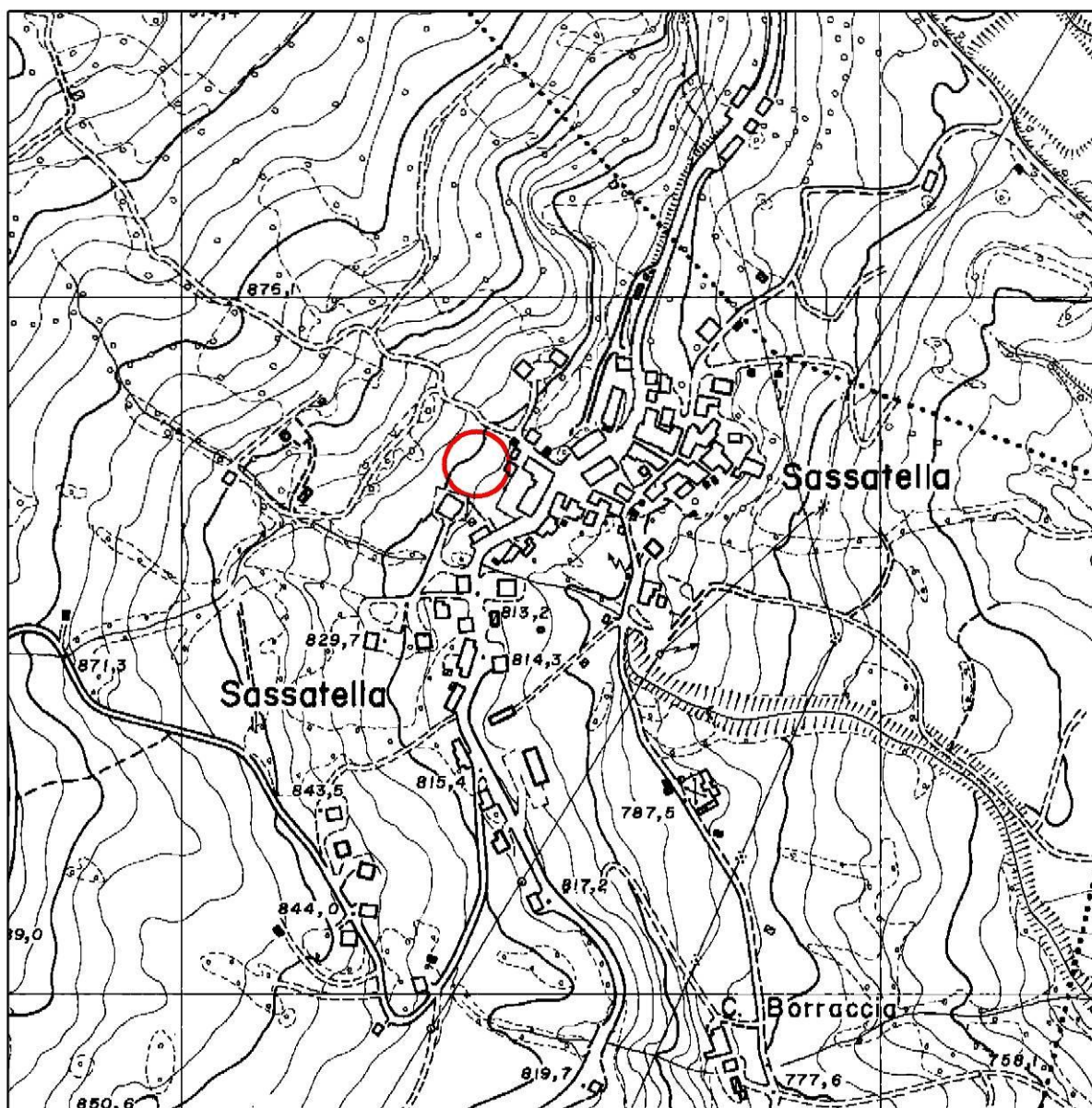


Figura 5 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO – C.T.R. – Elemento 235083 – Scala 1:5.000

L'area in oggetto è compresa nella seguente cartografia:

- Tavola CTR n° 235SE - Scala 1:25.000 (Fig. 4);
- Sezione CTR n° 235080 – Scala 1:10.000;
- Elemento CTR n° 235083 – Scala 1:5.000 (Fig. 5).

2.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Per la caratterizzazione geologica dell'area in studio si è fatto riferimento alla Carta Geologica del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, redatta nell'ambito del progetto CARG dalla Regione Emilia Romagna, di cui un estratto è riportato in figura 6.

Nello specifico il lotto di terreno interessato dalla variante urbanistica in progetto, è caratterizzato dalla presenza di una copertura di detrito di versante che sovrasta un substrato di litotipi appartenenti alla Formazione delle Argille a Palombini (APA), che costituiscono una formazione a litologia complessa con argille ed argilliti grigio scure alternate a calcari silicei grigi (palombini). Sono presenti anche rari strati di arenaria fini a cemento calcareo. La formazione è spesso tettonizzata o interessata da movimenti gravitativi; quando la parte argillosa è ben rappresentata, le Argille a Palombini assumono un aspetto caotico.

Non è raro trovare, all'interno della formazione, masse ridotte di rocce di origine ofiolitica in posizione secondaria.

Lo spessore di tale formazione è dell'ordine dei 200 m, tettonicamente sovrastano le Unità di Sestola-Vidiciatico.

Come si evince dalla carta geologica riportata in figura 6, le Argille a Palombini risultano sub affioranti a nord dell'area in esame.

La morfologia caratterizzante è quella tipica dei versanti dalle forme irregolari, costituiti da ripiani raccordati da scarpate molto acclivi. Nella Valle del Dragone, all'interno delle forme concave, trovano una larga diffusione i fenomeni franosi, per lo più quiescenti, che interessano la spessa coltre detritica, originata dal disfacimento delle torbiditi arenaceo pelitiche. I corpi di tali movimenti raggiungono i ripiani, dove danno luogo a conoidi o a potenti accumuli. I fenomeni gravitativi descritti, sono originati dalla concomitanza di più fattori, quali: la degradazione delle rocce affioranti, l'elevata acclività, e la presenza di acqua d'infiltrazione.

L'elemento idrografico principale è il torrente Dragone, ma il versante è interessato dalla presenza di rii e fossi che permettono un buon drenaggio dei terreni tra cui citiamo per importanza il fosso dell'Abbadina situato a sud del lotto di terreno esaminato.

Per quanto concerne la condizione idrologiche ed idrogeologiche, gli strati argillosi che caratterizzano l'area, riducono la percolazione d'acqua in profondità favorendo l'instaurarsi di una circolazione idrica limitatamente al primo sottosuolo, cioè in corrispondenza della copertura detritica superficiale.

Come si evince dalla Carta Geologica-Geomorfologica di figura 6 il lotto di terreno oggetto di studio è interamente sito in una zona contraddistinta da depositi di versante s.l., costituiti in prevalenza da litologie prevalentemente fini inglobanti elementi lapidei eterogenei ed eterometrici che hanno raggiunto un buon grado di stabilità. Inoltre nella zona su cui si colloca il centro abitato di Sassatella è presente un esteso corpo di frana quiescente identificato come frana quiescente di tipo complesso. Tal corpo di frana ha raggiunto un sufficiente grado di stabilità e comunque la sua dinamica evolutiva non interferisce con l'area in oggetto, infatti sulla base dei rilievi eseguiti nell'area ed in un suo intorno significativo è emerso che non sussistono problematiche di stabilità del versante, infatti non sono stati rilevati indizi di movimenti recenti che possano ricondurre a possibili fenomeni dissesto attivi.

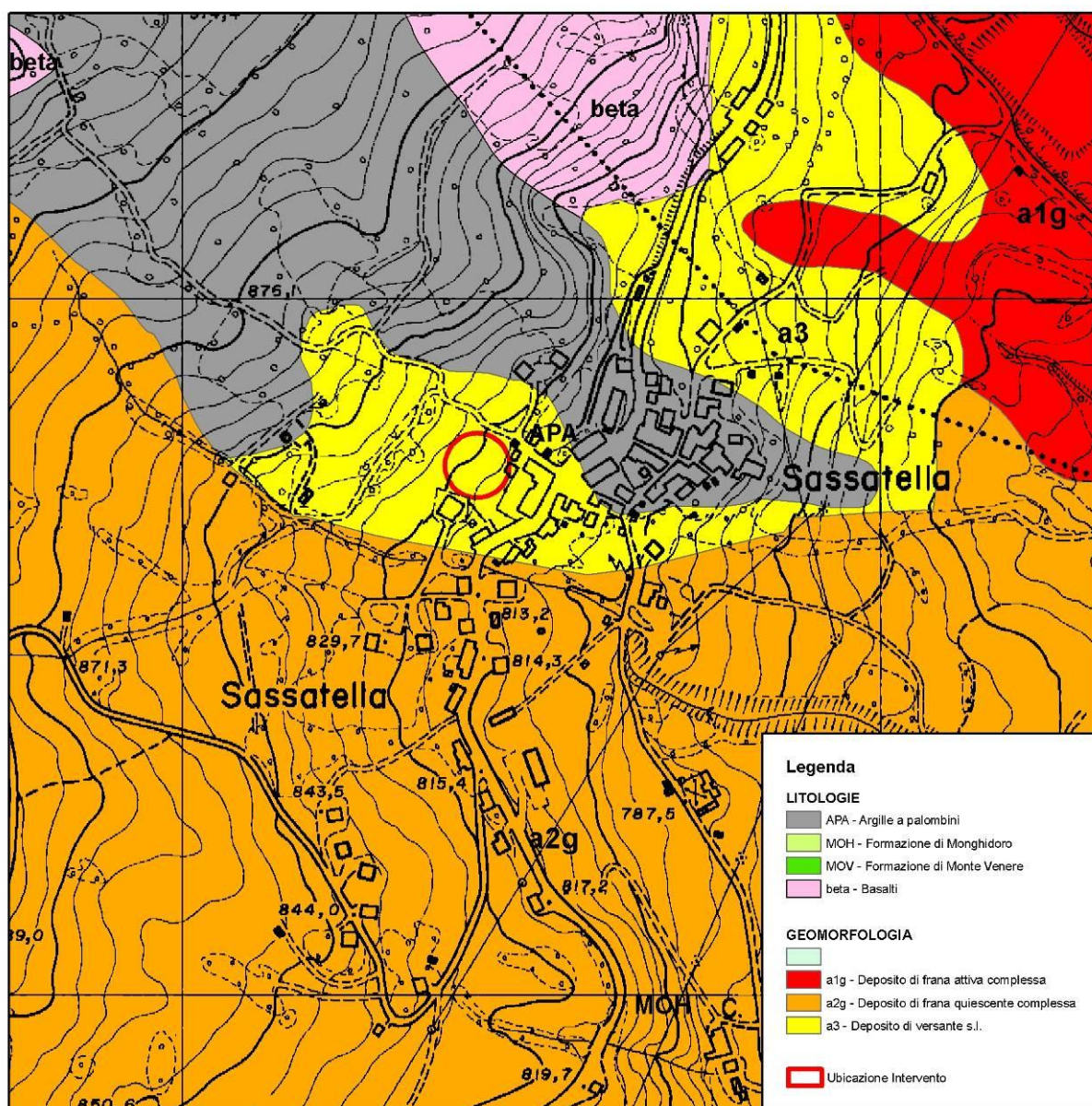


Figura 6 - CARTA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA – Estratto Carta Geologica Regione Emilia Romagna – Scala 1:5.000

3. RAPPORTI TRA L'AREA DI VARIANTE ED IL PTCP

Nel presente capitolo sono stati presi in considerazione i rapporti tra l'area di variante ed il PTCP 2009 della Provincia di Modena.

Ciò al fine di verificare la presenza d'eventuali prescrizioni o vincoli, che possano condizionare e/o escludere la fattibilità della trasformazione urbanistica per l'area in studio.

Carta del Rischio da Frana: Carta del Dissesto

Nella carta della "Rischio da Frana: Carta del Dissesto" del PTCP 2009 della Provincia di Modena, riportata in figura 7, l'area ricade in una zona stabile non soggetta a fenomeni di dissesto.

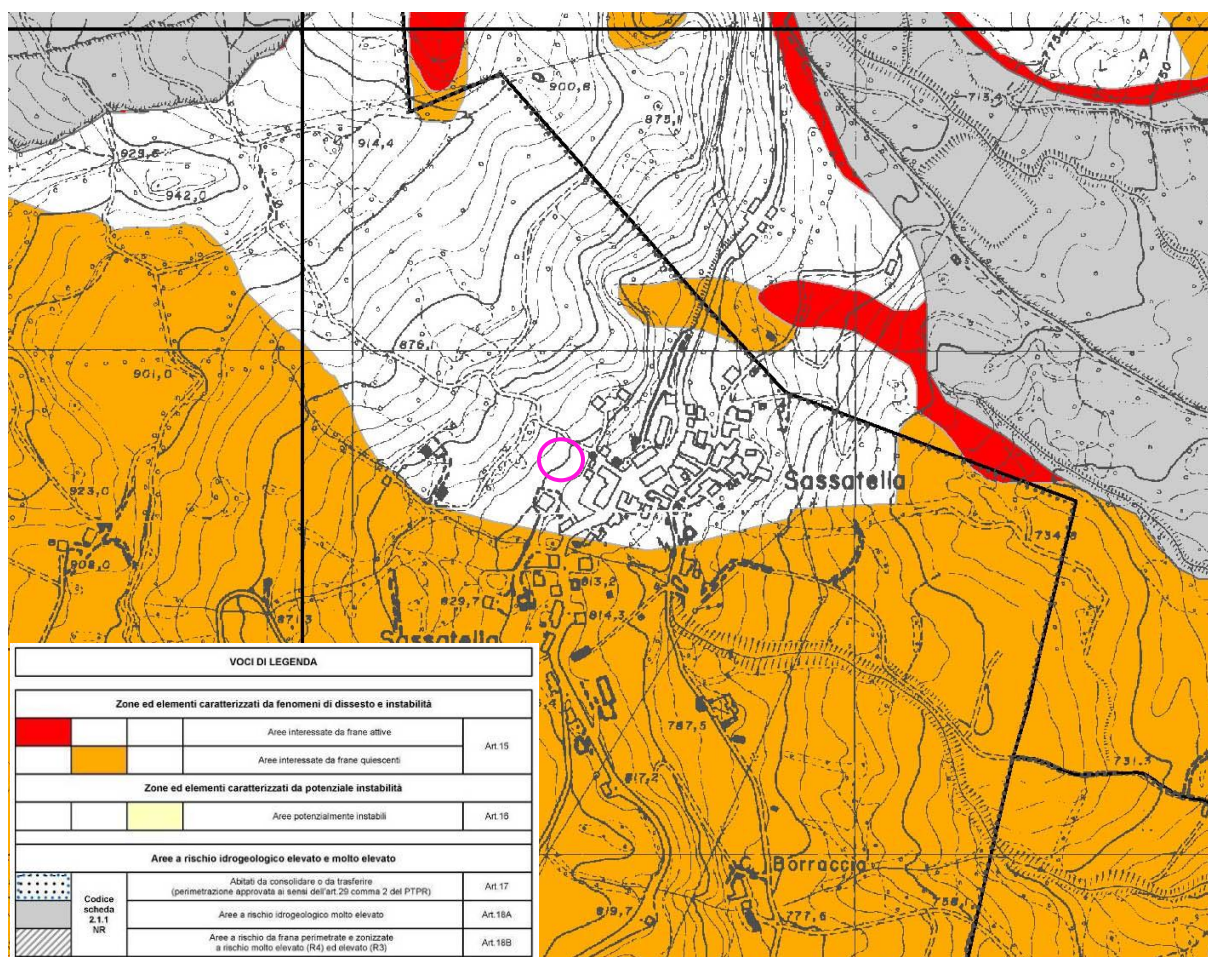


Figura 7 – CARTE DELLE SICUREZZE DEL TERRITORIO - Estratto TAV 2.1.15 - Rischio Da Frana: Carta del Dissesto - PTCP Provincia di Modena -Scala 1:10.000

Rischio Sismico: Carta delle aree suscettibili degli effetti locali

Come si evince dalla "Carta delle aree suscettibili degli effetti locali" del PTCP 2009, l'ambito in esame ricade in un'area individuata come "Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche".

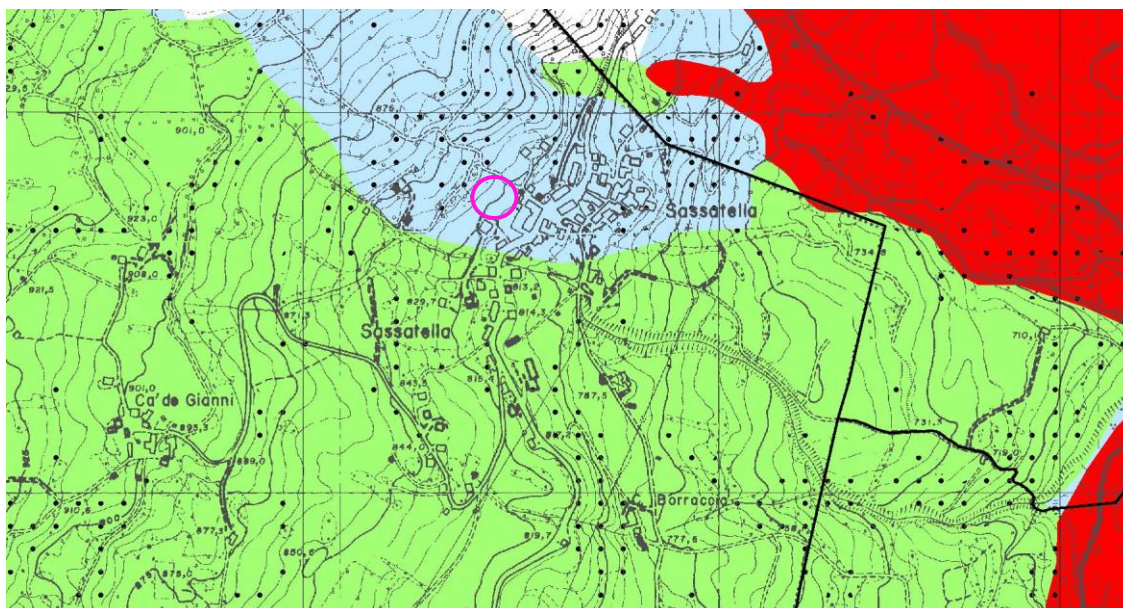


Figura 8 – CARTE DELLE SICUREZZE DEL TERRITORIO - Estratto TAV 2.2 - Rischio Sismico:
 Carta delle aree suscettibili degli effetti locali - PTCP Provincia di Modena - Scala 1:10.000

VOCI DI LEGENDA	
Effetti attesi	
1	Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche stud. valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); microzonazione sismica : approfondimenti di II livello.
2	Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche stud. valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); microzonazione sismica : approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
3	Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche stud. valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; microzonazione sismica : approfondimenti di II livello.
4	Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche stud. valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; microzonazione sismica : approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
5	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche stud. valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica : approfondimenti di II livello.
6	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche stud. valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico; microzonazione sismica : approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
7	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione stud. valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi; microzonazione sismica : approfondimenti di II livello.
8	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti stud. valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; microzonazione sismica : sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di II livello per la stima degli eventuali cedimenti.
9	Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali stud. indagini per caratterizzare V_{S30} ; in caso V_{S30} maggiore/uguale di 800 m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso V_{S30} minore di 800 m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica : non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti di II livello.
10	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche stud. indagini per caratterizzare V_{S30} e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso V_{S30} maggiore/uguale di 800 m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso V_{S30} minore di 800 m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica : valutazione degli effetti della topografia, con particolare attenzione nelle aree prossime ai bordi di scarpate, negli ambiti immediatamente superiori ai settori soggetti ad amplificazione topografica, nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, in caso V_{S30} minore di 800 m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologico.

Carta del Rischio inquinamento acque: zone di protezione delle acque superficiali e sotterranee

Nella "Carta del Rischio inquinamento acque: zone di protezione delle acque superficiali e sotterranee", del PTCP 2009, di cui un estratto è riportato in figura 9, si può notare che l'area non ricade all'interno di zone di protezione delle sorgenti.

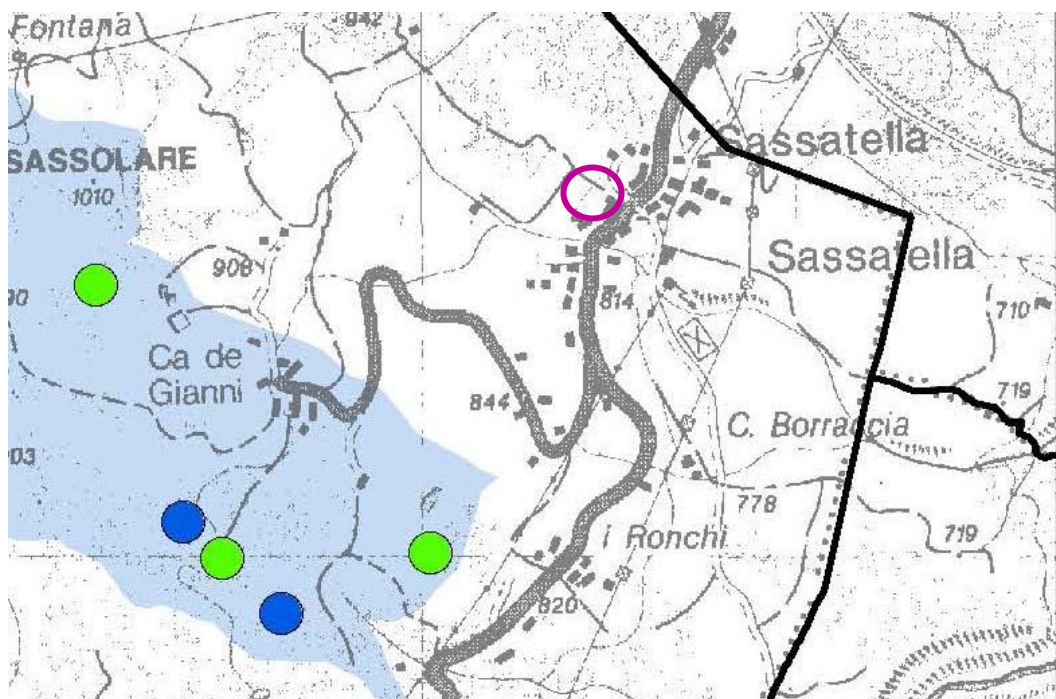


Figura 9 – ESTRATTO CARTA DEL RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE - Estratto TAV 3.2 - zone di protezione delle acque superficiali e sotterranee – PTCP Provincia di Modena - Scala 1:10.000

VOCI DI LEGENDA			
Zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio collinare-montano			
●		Sorgente captata ad uso idropotabile - "SP"	Art. 12B
●		Sorgente di interesse - "AS"	Art. 12B
		Aree di possibile alimentazione delle sorgenti	Art. 12B

Zone di protezione delle acque superficiali		
⊗	Opera di captazione in corpo idrico superficiale	Art. 12C
▨	Zona di protezione - bacino imbrifero a monte dell'opera di captazione	Art. 12C
▩	Zona di protezione - porzione di bacino imbrifero a monte dell'opera di captazione (10 Km ²)	Art. 12C
Rete di monitoraggio dei corsi d'acqua superficiali e dei corpi idrici artificiali		
■	Stazione di monitoraggio "AS" localizzata su corpo idrico significativo	Art. 13A
■	Stazione di monitoraggio localizzata su corpo idrico rilevante	Art. 13A

"VINCOLO IDROGEOLOGICO"

L'area è esclusa dalle zone soggette al vincolo idrogeologico di cui al R.D. del 30.12.1923 n. 3267.

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

4.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO

Il rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio è stato eseguito nel mese di Agosto 2012 sull'area in esame ed in un suo intorno significativo al fine di verificare l'assetto del territorio e valutare la stabilità della zona interessata dal progetto di variante.

La zona in cui si colloca l'area in studio è già parzialmente urbanizzata e, trattandosi di un'area di completamento, nelle immediate vicinanze della stessa sono presenti diversi edifici residenziali.

L'area in studio è situata alla periferia settentrionale della frazione di Sassatella nel territorio comunale di Frassinoro, sul versante occidentale della Valle del Dragone.

Da un punto di vista geomorfologico l'area in studio è situata in una zona a morfologia regolare con pendenza del versante verso sud-est e inclinazione media $<15^\circ$. Si tratta di una zona caratterizzata dalla presenza di una copertura di detrito di versante.

Dall'esame della carta Geologica e Geomorfologia, riportata in figura 6, si può osservare che a 200 metri a sud dell'area in esame è presente una frana quiescente del tipo complesso, con direzione di movimento est ovest, che non interferisce con l'area in esame.

In corrispondenza della zona in esame il substrato, attribuibile alla Formazione delle Argille a Palombini, non affiora direttamente, ma si colloca sotto la coltre di detrito che caratterizza quasi tutta la porzione di versante in sinistra del T. Dragone.

Sulla base delle osservazioni svolte è possibile affermare che l'area è dotata di sufficiente stabilità, infatti dall'osservazione dello stato di conservazione della strada, posta a valle del lotto, e degli edifici che si trovano nelle vicinanze non sono stati rilevati indizi riconducibili a movimenti gravitativi del versante ed è possibile affermare che la zona ha raggiunto un discreto grado di equilibrio.

4.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Per la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica del sito in esame si è fatto riferimento ai risultati di n. 4 prove penetrometriche dinamiche spinte sino a rifiuto dell'infissione dello strumento registrato alla profondità massima di -5,7 m dal p.c. eseguite nel Giugno 2009.

Le prove, la cui ubicazione è riportata in figura n. 10, sono state eseguite in campagna utilizzando un penetrometro dinamico DPM30, unico strumento che permetteva di raggiungere l'area, con le seguenti caratteristiche:

Peso massa battente	M	= 30 kg
Altezza caduta libera	H	= 0,20 m
Peso sistema battuta	Ms	= 13,60 kg
Diametro punta conica	D	= 35,68 mm
Area base punta conica	A	= 10,0 cm ²
Angolo apertura punta	θ	= 60°
Lunghezza delle aste		= 1,0 m
Peso aste per metro	Ma	= 2,50 kg
Avanzamento punta	δ	= 0,10 m
Numero colpi punta	N	= N(10) $\Rightarrow$ colpi necessari ad un avanzamento di 10 cm

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd (funzione del numero di colpi N) $\Rightarrow$ Formula olandese modificata:

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

- Rpd = resistenza dinamica punta (Area A)
e = infissione per colpo = δ / N
M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica di dimensioni standard posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste. L'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di 30 kg. Si contano i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di 10 cm di lunghezza di asta nel terreno. La resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e, diretta del numero di colpi per una data penetrazione.

Le informazioni che la prova fornisce sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione.

La prova dinamica fornisce una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

I parametri geomeccanici del terreno di fondazione possono essere ricavati da relazioni empiriche proposte da vari Autori correlando il numero di colpi del penetrometro DM 30 con quelli della prova SPT, oppure correlando la resistenza Rpd alla resistenza alla punta qc ottenuta con le prove penetrometriche statiche CPT.

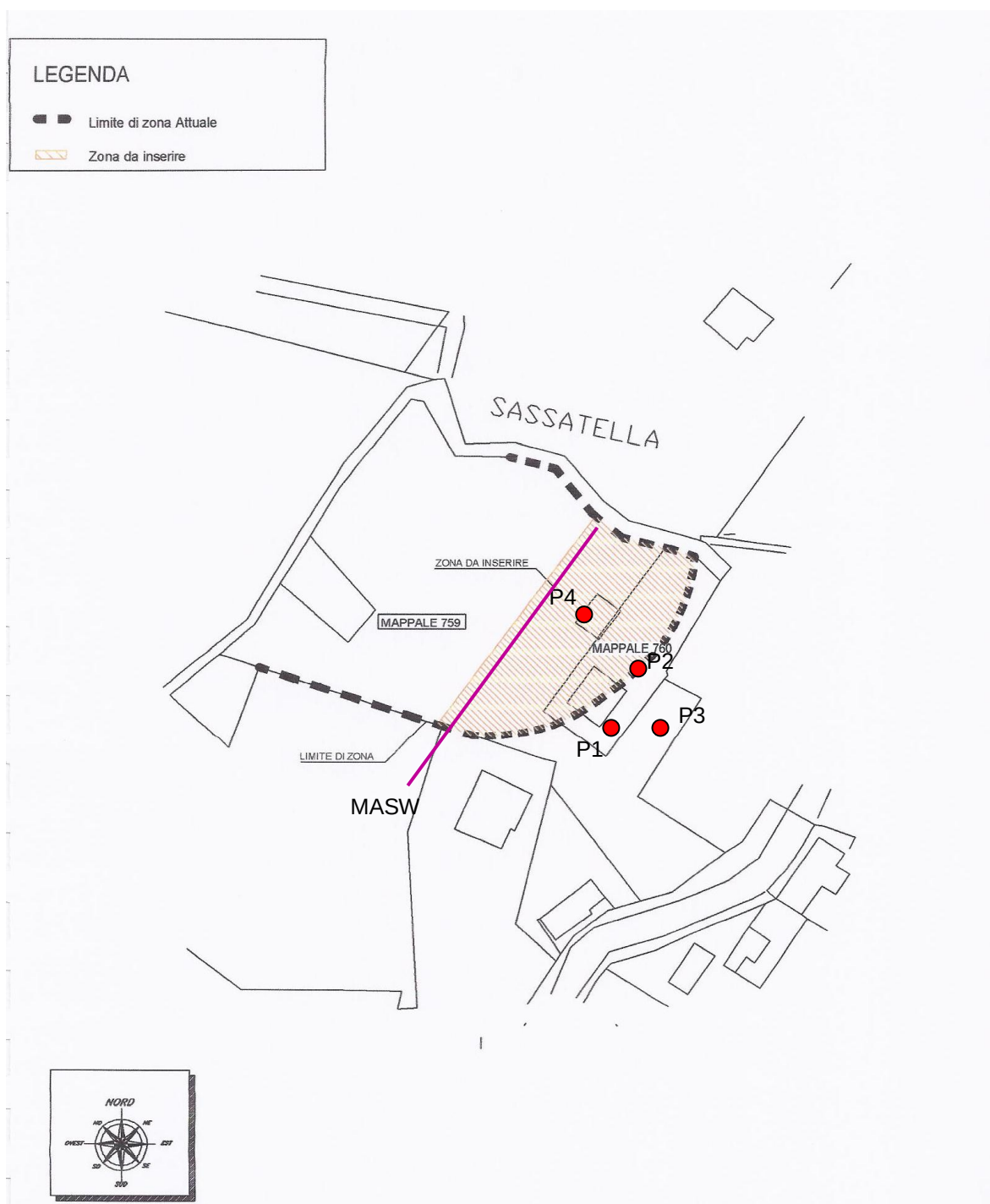


Figura 10 - Ubicazione indagini geognostiche e geofisiche

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Legenda:

γ (t/m ³)	Peso dell'unità di volume del terreno. (Meyerhof ed altri)
γ_s (t/m ³)	Peso dell'unità di volume del terreno saturo. (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967)
C_u (kg/cm ²)	Coesione non drenata nei terreni coesivi. (De Beer)
Φ°	Angolo di attrito interno efficace per terreni granulari (Schmertmann 1977)
M_o (kg/cm ²)	Modulo di deformazione edometrico per terreni coesivi/granulari. (Buisman e Sanglerat)
E_y (Kg/cm ²)	Modulo di Young secante drenato (Bowles 1982)

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)
1	1,1	3,34	Coesivo	1,66	1,86	--	0,42	41,75	33,40
2	1,7	1,17	Coesivo	1,50	1,84	--	0,15	14,63	11,70
3	2,5	4,89	Coesivo	1,75	1,88	--	0,61	61,13	48,90
4	4,3	7,22	Coesivo	1,87	1,90	--	0,90	90,25	72,20
5	4,4	39,15	Incoerente	2,20	---	31,19	--	107,88	446,62

Note: non è stata rilevata presenza di acqua nel foro di prova

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)
1	2,2	2,35	Coesivo	1,59	1,86	--	0,29	29,38	23,50
2	4,3	10,66	Coesivo	1,99	---	--	1,33	106,60	106,60
3	5,6	14,63	Coesivo Incoerente	2,06	---	24,18	1,83	146,30	146,30
4	5,7	39,15	Incoerente	2,20	---	31,19	--	107,88	446,62

Note: non è stata rilevata presenza di acqua nel foro di prova

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)
1	1,3	3,73	Coesivo	1,68	1,87	--	0,47	46,63	37,30
2	2,3	6,26	Coesivo	1,82	1,89	--	0,78	78,25	62,60
3	2,8	20,67	Coesivo Incoerente	2,10	2,11	25,91	2,58	206,70	206,70
4	2,9	39,15	Incoerente	2,20	---	31,19	--	107,88	446,62

Note: non è stata rilevata presenza di acqua nel foro di prova

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)
1	1,0	4,62	Coesivo	1,74	1,87	--	0,58	57,75	46,20
2	2,5	24,33	Coesivo Incoerente	2,11	2,21	26,95	3,04	243,30	243,30

Note: non è stata rilevata presenza di acqua nel foro di prova

I tabulati di calcolo ed i diagrammi penetrometrici sono riportati in allegato 1.

Dai risultati delle prove penetrometriche eseguite si evince che il sottosuolo dell'area in esame è caratterizzato da terreni costituiti da depositi di versante prevalentemente coesivi inglobanti elementi lapidei eterogenei ed eterometrici.

In generale le prove presentano una discreta omogeneità dal punto di vista litostratigrafico, evidenziando tuttavia delle differenze per quanto riguarda le resistenze all'infissione, almeno nei livelli più superficiali delle prove P1 e P2. Infatti dall'analisi delle prove P1 e P2, eseguite immediatamente a valle dell'edificio esistente, è possibile osservare che gli strati più superficiali compresi nei primi 2,5 m ÷ 3,0 m di profondità presentano valori di resistenza all'infissione molto bassi.

Invece nelle prove P3 e P4 gli strati superficiali presentano un buon grado di consistenza con valori di resistenza mediamente buoni e valori di cu media pari a 0,5 kg/cm².

Al di sotto dei primi 2,5 m 3,0 m di profondità dal piano di campagna il terreno presenta valori buoni in tutte e quattro le prove eseguite con valori medi di cu > 1, 0 kg/cm².

Nei quattro fori di prova non è stata rilevata la presenza di acqua nel sottosuolo.

4.3 INDAGINE GEOFISICA - MASW

Nel mese di Agosto 2012 è stata eseguita sull'Area di Variante, una campagna sismica con metodo MASW di tipo attivo. L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire da piano campagna (V_{s30}), in riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio (N.t.c. 23/09/05), al D.m. 14/01/08 ("Nuove norme tecniche per la costruzione") e alla delibera G.r.e.r. (n. 1677 del 24/10/05).

Di seguito si riportano la metodologia della ricerca e i risultati dell'indagine eseguita.

Metodo di Indagine

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente. L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (V_s) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

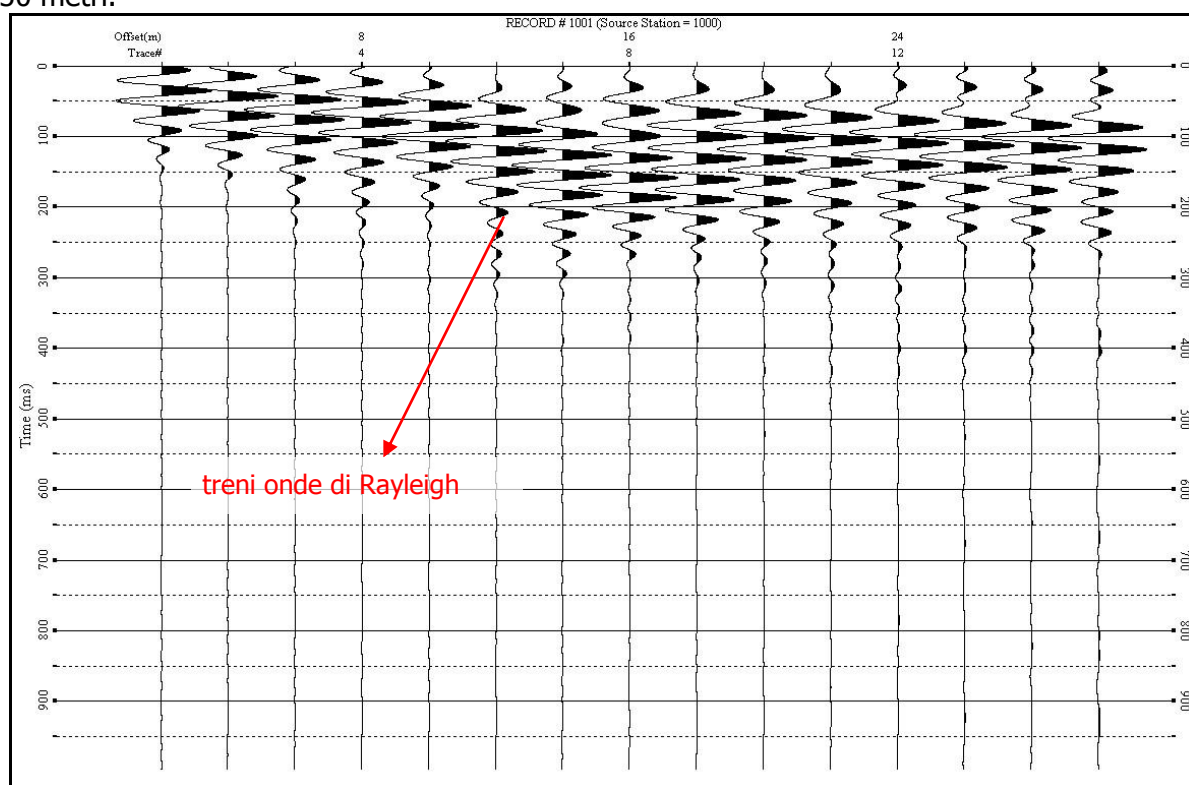
La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte

dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (Vp).

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore.

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri.



- Sismogramma -

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

Nella campagna di indagine del lavoro in oggetto è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni con spaziatura tra i geofoni di 2.0 metri per una lunghezza della linea sismica di 46.0 metri. L'energizzazione è stata eseguita a 2.0 e 10.0 metri dal primo geofono. Per ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva dei sismogrammi sono stati sommati più tiri.

Il sito di indagine è collocato in area scarsamente urbanizzata. Il rumore sismico non risulta in grado di interferire sensibilmente con le misure effettuate.

Strumentazione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "PASI 16SG24", dotato di 24 geofoni verticali Pasi con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.

Lo strumento è in grado di gestire l'acquisizione simultanea su 24 canali e di rilevare l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono starter. È inoltre equipaggiato di software proprietario in grado di gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtri delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma e sottrazione di ulteriori sismogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza del peso di 8 kg e una piastra di battuta di alluminio.

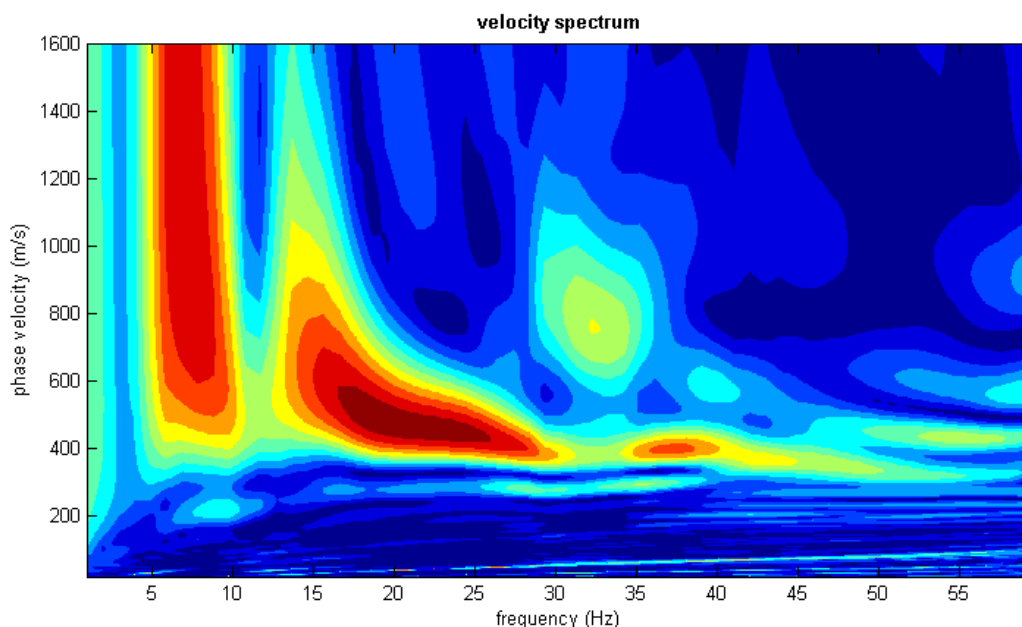
Elaborazione

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (*Winmasw 4.6 – Eliosoft*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il sismogramma nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri "passa basso", "passa alto", "passa banda", "taglia banda", il "muting" e l'ACG. Inoltre tramite le curve di attenuazione delle onde superficiali è possibile valutare con maggior precisione la qualità dei dati acquisiti.

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.

La prima fase di analisi consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.



-diagramma della curva di dispersione-

Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile, dei modi superiori.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di procedimenti calcolo e algoritmi genetici di inversione (global-search methods), che gestiscono all'intero di un "spazio di ricerca", modelli caratterizzati da parametri velocità di taglio (V_s) e spessori degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume (V_p) che, assieme a spessore degli sismostrati e relative V_s , possono venire modificati anche manualmente. Tramite interazioni successive si ottiene un modello di inversione in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata. Viene inoltre restituita una stima dell'attendibilità (deviazione standard) del modello proposto ottenuta con tecniche statistiche.

Avendo a disposizione informazioni aggiuntive, quali ad esempio stratigrafie di sondaggio, analisi granulometriche, di densità, prove CPT ecc, è possibile impostare un modello geologico/geofisico con il quale definire parametri quali lo spessore degli strati, la velocità delle onde P stimata e coefficiente di Poisson. Tale modello consente una più accurata inversione dei dati di campagna e di conseguenza una migliore definizione della sismostratigrafia del sito.

In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle V_{s30} e correlazione al tipo di terreno, come da normativa.

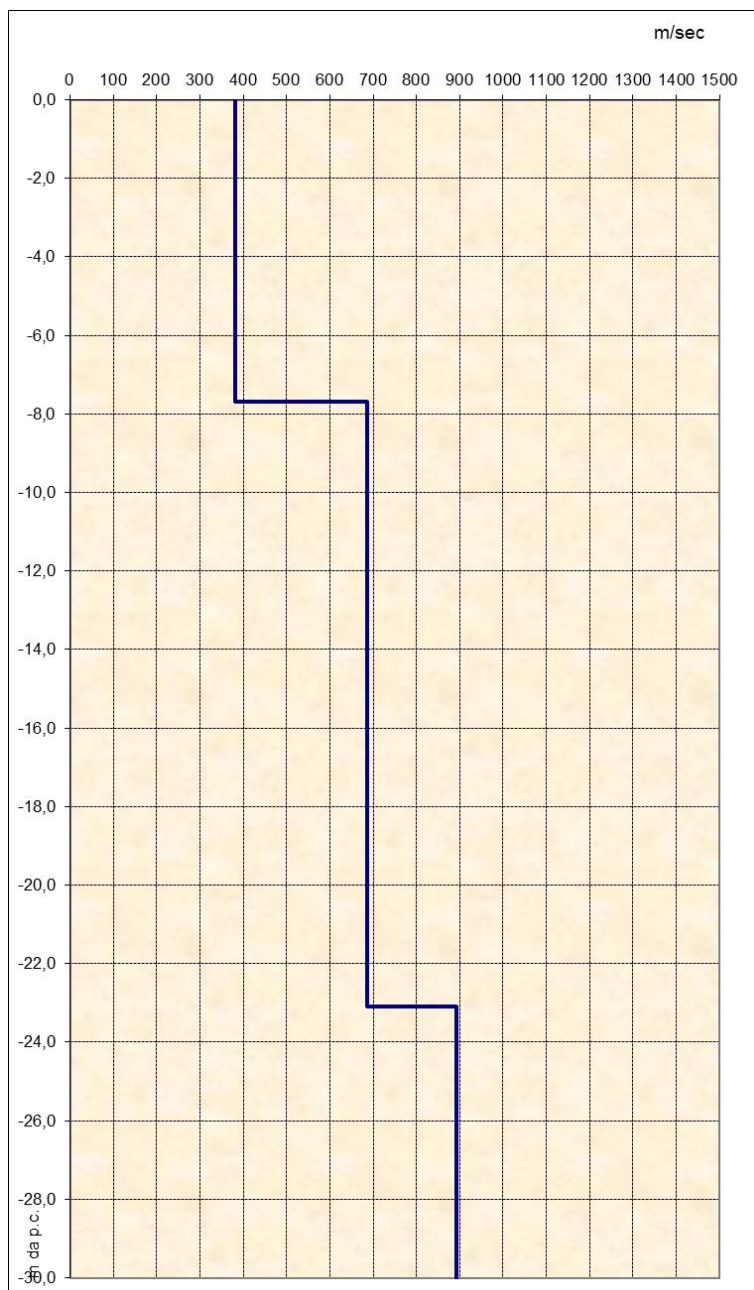
Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

Risultati

Determinazione delle categoria del suolo di fondazione

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{s30} per la sezione indagata. Il valore di V_{s30} è riferito ai primi 30 m a partire dal piano campagna.

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-7,7	7,7	382
-23,1	15,4	686
-30,0	6,9	893



- *diagramma velocità V_s /profondità* -

Il valore V_{s30} è **595 m/sec.**

Secondo normativa **la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B:**

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360m/s e 800m/s.

5. MICROZONAZIONE SISMICA

5.1 NORMATIVA SISMICA

Gli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica concorrono alla riduzione del rischio sismico, così come specificato nell'art. A-2, comma 4, dell'allegato alla LR 20/2000, attraverso analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione urbanistica ed orientano le proprie scelte localizzative, i possibili processi di trasformazione urbana e la realizzazione delle opere di interesse pubblico verso scenari di prevenzione e mitigazione del rischio sismico.

L'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna con delibera n. 112 oggetto n. 2131 del 02/05/2007 ha approvato l'atto di indirizzo e coordinamento ai sensi dell'art. 16, comma 1, della LR 20/2000: "Indirizzi per gli studi di micro-zonazione sismica in Emilia Romagna" per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Nell'atto di indirizzi vengono indicati i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la micro-zonazione sismica del territorio con particolare riguardo alla tipologia ed al livello di approfondimento degli studi da effettuare per una migliore definizione della risposta sismica locale.

La definizione della pericolosità sismica di un sito include la pericolosità sismica di base e la quantificazione degli effetti di sito. Per pericolosità sismica di base si intende quella componente di pericolosità dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area. Gli effetti di sito sono invece dipendenti dalle condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche locali che modificano, a volte in modo significativo, il moto sismico corrispondente alla pericolosità sismica di base. La quantificazione degli effetti di sito richiede la conoscenza dei risultati dello studio di pericolosità sismica di base, nonché di dati relativi alle caratteristiche litostratigrafiche e geomorfologiche del sito oggetto di studio.

Gli effetti locali comprendono:

- l'amplificazione o deamplificazione litostratigrafica;
- l'amplificazione o deamplificazione topografica.

Per la realizzazione di uno studio di micro zonazione sismica è necessaria quindi l'esecuzione di una campagna di indagini finalizzata alla determinazione delle caratteristiche geologiche-geomorfologiche, litostratigrafiche-geotecniche, e sismiche.

5.2 MICROZONAZIONE SISMICA – I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il primo livello di approfondimento è diretto a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali.

A tale scopo si è fatto riferimento alla "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" allegata al PTCP 2009 della Provincia di Modena nella quale tutto il territorio provinciale è stato suddiviso in aree che necessitano o meno di approfondimenti specifici.

Questo elaborato di sintesi è propedeutico per la scelta della tipologia di studio e per decidere a quale livello di approfondimento attenersi al fine di meglio caratterizzare una determinata area dal punto di vista sismico.

Come precedentemente anticipato nel capitolo precedente relativamente alla "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" del PTCP 2009 l'Area di Variante oggetto di studio ricade in una zona individuata come "Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche" per la quale sono richiesti studi per la valutazione del coefficiente di amplificazione: Approfondimenti di II° Livello.

Dall'indagine sismica eseguita con metodo MASW è risultato $V_{s30} = 595$.

5.3 MICROZONAZIONE SISMICA – II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Per determinare i coefficienti di amplificazione sismica si è fatto riferimento al valore misurato delle Vs30 e sono state utilizzate le tabelle e formule per la valutazione dei fattori di amplificazione sismica per le analisi del secondo livello di approfondimento e per la valutazione degli effetti topografici riportati nell'Allegato 2 della delibera n. 112 della RER.

Fattori di Amplificazione Litologici

La definizione dei coefficienti di amplificazione sismica, è stata effettuata impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (A2.1 e A2.2) dell'Atto di indirizzi della RER, che permettono di calcolare i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento. Questi fattori sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodo, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione orizzontale e l'intensità di Housner al suolo di riferimento, definiti per ogni comune, ricavabili dal data base regionale, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e l'intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminate.

Considerato che dall'indagine sismica eseguita è risultato che il bedrock sismico si trova ad una profondità di -23,1 m ed il valore delle velocità della copertura corrisponde a $V_{sH} = 542$ m/s per la determinazione del fattore di Amplificazione (FA) si è fatto riferimento al caso di substrato marino caratterizzato da $V_{sH} \geq 800$ m/s per il quale si devono usare le seguenti tabelle:

F.A. P.G.A.

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

Sulla base di queste considerazioni sono stati definiti i seguenti fattori di amplificazione:

F.A. PGA = 1,5

F.A. IS $0,1 < T_0 < 0,5 = 1,4$

F.A. IS $0,5 < T_0 < 1 = 1,0$

Fattori di Amplificazione Topografici

Considerato che la zona in studio è caratterizzata da una pendenza con inclinazione media $< 15^\circ$, si possono escludere eventuali effetti di amplificazione topografica.

6. CONSIDERAZIONI DI FATTIBILITA' DELLA VARIANTE AL PRG

L'Area di Variante al PRG si colloca in località Sassatella, frazione posta a sud est del centro abitato di Frassinoro.

Si tratta di un'area di completamento che si colloca all'interno del perimetro dell'area cortiliva di un edificio esistente e la variante prevede la trasformazione urbanistica da zona agricola a zona residenziale.

Nella carta della "Rischio da Frana: Carta del Dissesto" del PTCP 2009 della Provincia di Modena l'area ricade in una zona stabile e non si segnala la presenza di dissesti.

Il rilevamento geologico di dettaglio che ha interessato l'area in esame ed un suo significativo intorno, ha permesso di verificare le sostanziali condizioni di stabilità nelle quali si trova la stessa, nonché l'assenza di elementi che possono determinare situazioni di potenziale rischio.

E' possibile affermare che l'area presenta attualmente sufficienti condizioni di stabilità, e si ritiene che i futuri interventi edilizi, se eseguiti seguendo particolari prescrizioni e condizioni da definire in funzione dei progetti che si intenderanno realizzare, non vadano ad inficiare la situazione esistente. Complessivamente valutando i risultati ottenuti si può affermare quindi la fattibilità della previsione urbanistica per l'area in esame, non rilevando infatti controindicazioni particolari da un punto di vista geologico-geomorfologico.

Dal punto di vista geologico-geotecnico le prove eseguite hanno evidenziato come nell'area si possano rilevare terreni di copertura costituiti da detrito di versante con mediocri caratteristiche di resistenza negli strati più superficiali (fino a -2,5/-3,0 m), passando a valori buoni con l'aumentare della profondità, che sovrastano un substrato attribuibile alla Formazione delle Argille a Palombini.

In linea di massima si potranno quindi prevedere fondazioni superficiali dirette, con eventuali approfondimenti per inserimento di piani seminterrati o interrati; data la presenza di una copertura detritica di natura eterogenea e spessore variabile, la caratterizzazione dei terreni dell'area dovrà essere necessariamente approfondita in fase esecutiva, mediante l'esecuzione di opportune indagini in corrispondenza dell'area di fondazione dei futuri edifici. Qualora le indagini in fase esecutiva evidenziassero spessori maggiori della copertura ed in particolare del terreno caratterizzato da valori bassi di resistenza, si potrà ricorrere a fondazioni profonde, da attestarsi direttamente su strati competenti.

Fermo restando quindi la fattibilità della variante in progetto, in fase di progettazione edilizia esecutiva si dovranno comunque prevedere gli opportuni approfondimenti geognostici volti alla determinazione del modello geologico-geotecnico del terreno di fondazione secondo quanto previsto nel D.M. 14/01/2008.

La morfologia semplice che caratterizza l'area permette uno sviluppo edilizio senza particolari problemi. In ogni caso, in sede di progettazione edilizia esecutiva, particolare attenzione andrà comunque rivolta agli eventuali sbanchi che potrebbero essere necessari per la realizzazione degli interventi.

Gli approfondimenti geognostici da eseguirsi dovranno altresì essere mirati a valutare la necessità di realizzare opere di sostegno provvisorie e/o definitive in relazione agli interventi stessi. Non si riscontrano problemi per quel che riguarda il drenaggio superficiale delle acque, evidenziandosi la mancanza di forme chiuse o depresse a deflusso difficoltoso.

Da un punto di vista idrogeologico, sarà opportuno regimare le acque di scorrimento superficiale, provvedendo alla loro raccolta ed allontanamento in idonei fossi di scolo, al fine di evitare eventuali infiltrazioni nella copertura detritica. Non si rileva per l'area una idrologia ipogea, potendo pertanto escludere interferenze con gli interventi futuri.

Dallo studio e l'analisi delle carte del PTCP 2009 della Provincia di Modena, riferite al rischio

sismico, si evince che la zona è compresa nelle "Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche".

Lo stendimento sismico con tecnica MASW ha evidenziato sull'area in studio una velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (V_{s30}) di 595 m/s. Sulla base del valore delle V_{s30} secondo la normativa vigente la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B.

In conformità a quanto previsto nell'allegato n.2 dell'Atto di indirizzi (DAL 112) della RER, sono stati calcolati i fattori di amplificazione (F.A.). Considerato che dall'indagine sismica eseguita è risultato che il bedrock sismico si trova ad una profondità di -23,1 m ed il valore delle velocità della copertura corrisponde a $V_{sH} = 542$ m/s per la determinazione del fattore di Amplificazione (FA) si è fatto riferimento al caso di substrato marino caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s per il quale sono stati definiti i seguenti fattori di amplificazione:

F.A. PGA = 1,5

F.A. IS $0,1 < T_0 < 0,5 = 1,4$

F.A. IS $0,5 < T_0 < 1 = 1,0$

Per quanto riguarda i fattori di amplificazione topografica, considerato che la zona in studio è caratterizzata da una pendenza con inclinazione media $< 15^\circ$, si possono escludere eventuali effetti di amplificazione topografica.

Le litologie presenti nel sottosuolo dell'area in studio e l'assenza di acqua portano ad escludere per la zona in studio la possibilità del verificarsi del fenomeno del liquefazione in caso di sisma.

7. CONCLUSIONI

La presente relazione tratta dei caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici di un'area, posta nei pressi di Sassatella nel territorio Comunale di Frassinoro, per la quale è prevista la trasformazione da zona agricola a zona residenziale.

In base alle indagini effettuate ed alle considerazioni svolte, è possibile attribuire ***parere favorevole*** alla trasformazione in esame alle condizioni sopra riportate.

Si è infatti verificata la mancanza di controindicazioni da un punto di vista geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico.

Nell'area non si sono riscontrati particolari problemi, sia dal punto di vista della stabilità, che degli effetti sismici locali in quanto l'area ha raggiunto un discreto grado di equilibrio.

In fase esecutiva si dovrà comunque prevedere un idoneo approfondimento geognostico sull'area di intervento volto ad avere maggiori informazioni sia sullo spessore ed andamento della coltre detritica, sia sulla continuità e caratteristiche del substrato roccioso.

Modena, 14/08/2012

IL TECNICO

Dott. Geol. Gianluca Vaccari



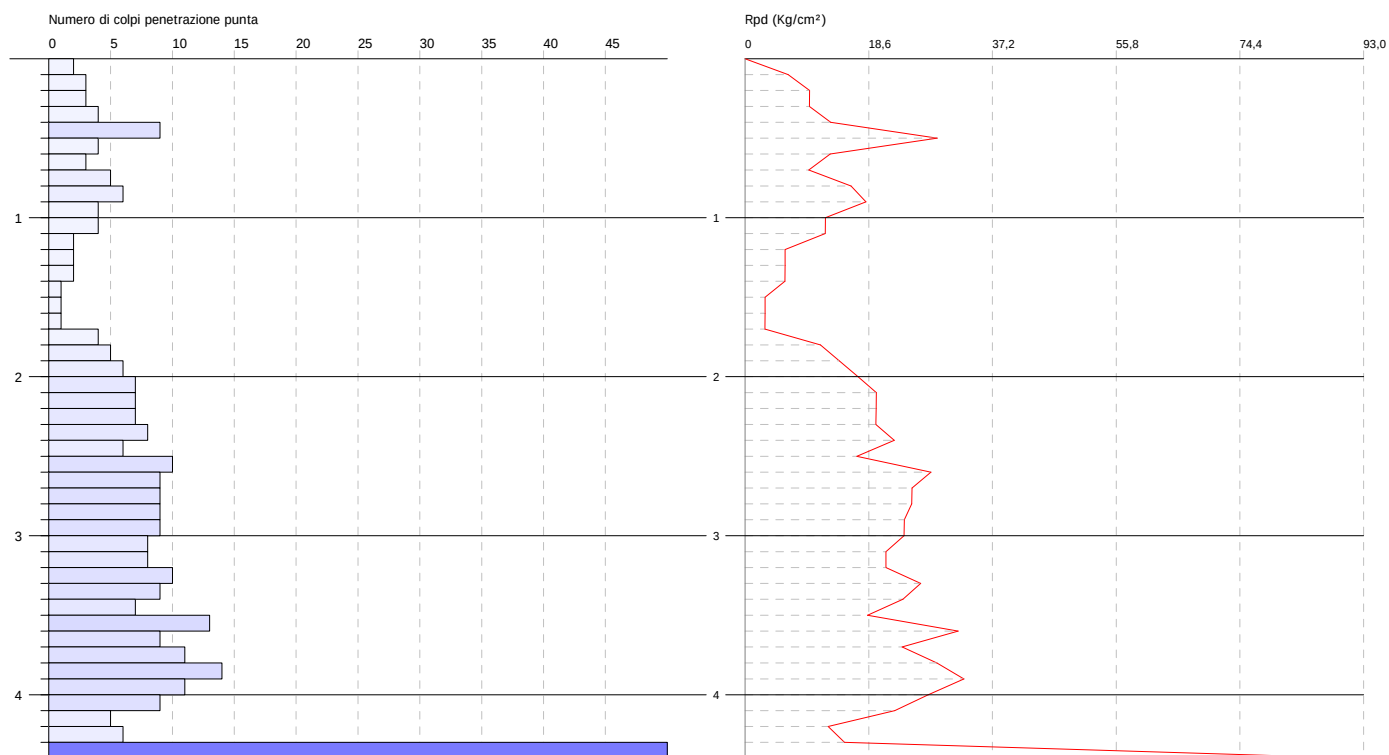
ALLEGATO 1	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE Tabulati e Diagrammi
------------	---

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Profondità prova
Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI
08/04/2009
4,40 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	2	0,857	6,47	7,56	0,32	0,38
0,20	3	0,855	9,69	11,33	0,48	0,57
0,30	3	0,853	9,66	11,33	0,48	0,57
0,40	4	0,851	12,86	15,11	0,64	0,76
0,50	9	0,849	28,86	34,00	1,44	1,70
0,60	4	0,847	12,80	15,11	0,64	0,76
0,70	3	0,845	9,58	11,33	0,48	0,57
0,80	5	0,843	15,93	18,89	0,80	0,94
0,90	6	0,842	18,16	21,58	0,91	1,08
1,00	4	0,840	12,08	14,39	0,60	0,72
1,10	4	0,838	12,06	14,39	0,60	0,72
1,20	2	0,836	6,02	7,19	0,30	0,36
1,30	2	0,835	6,00	7,19	0,30	0,36
1,40	2	0,833	5,99	7,19	0,30	0,36
1,50	1	0,831	2,99	3,60	0,15	0,18
1,60	1	0,830	2,98	3,60	0,15	0,18
1,70	1	0,828	2,98	3,60	0,15	0,18
1,80	4	0,826	11,89	14,39	0,59	0,72
1,90	5	0,825	14,15	17,16	0,71	0,86
2,00	6	0,823	16,95	20,59	0,85	1,03
2,10	7	0,822	19,74	24,02	0,99	1,20
2,20	7	0,820	19,70	24,02	0,99	1,20
2,30	7	0,819	19,67	24,02	0,98	1,20
2,40	8	0,817	22,43	27,45	1,12	1,37
2,50	6	0,816	16,80	20,59	0,84	1,03
2,60	10	0,814	27,94	34,32	1,40	1,72
2,70	9	0,813	25,11	30,89	1,26	1,54
2,80	9	0,811	25,06	30,89	1,25	1,54
2,90	9	0,810	23,92	29,54	1,20	1,48
3,00	9	0,809	23,88	29,54	1,19	1,48
3,10	8	0,807	21,20	26,25	1,06	1,31
3,20	8	0,806	21,16	26,25	1,06	1,31
3,30	10	0,805	26,41	32,82	1,32	1,64
3,40	9	0,803	23,73	29,54	1,19	1,48
3,50	7	0,802	18,43	22,97	0,92	1,15
3,60	13	0,751	32,03	42,66	1,60	2,13
3,70	9	0,800	23,62	29,54	1,18	1,48
3,80	11	0,798	28,82	36,10	1,44	1,80
3,90	14	0,747	32,89	44,02	1,64	2,20
4,00	11	0,796	27,53	34,59	1,38	1,73
4,10	9	0,795	22,49	28,30	1,12	1,41
4,20	5	0,794	12,48	15,72	0,62	0,79
4,30	6	0,793	14,95	18,86	0,75	0,94
4,40	50	0,591	92,98	157,21	4,65	7,86



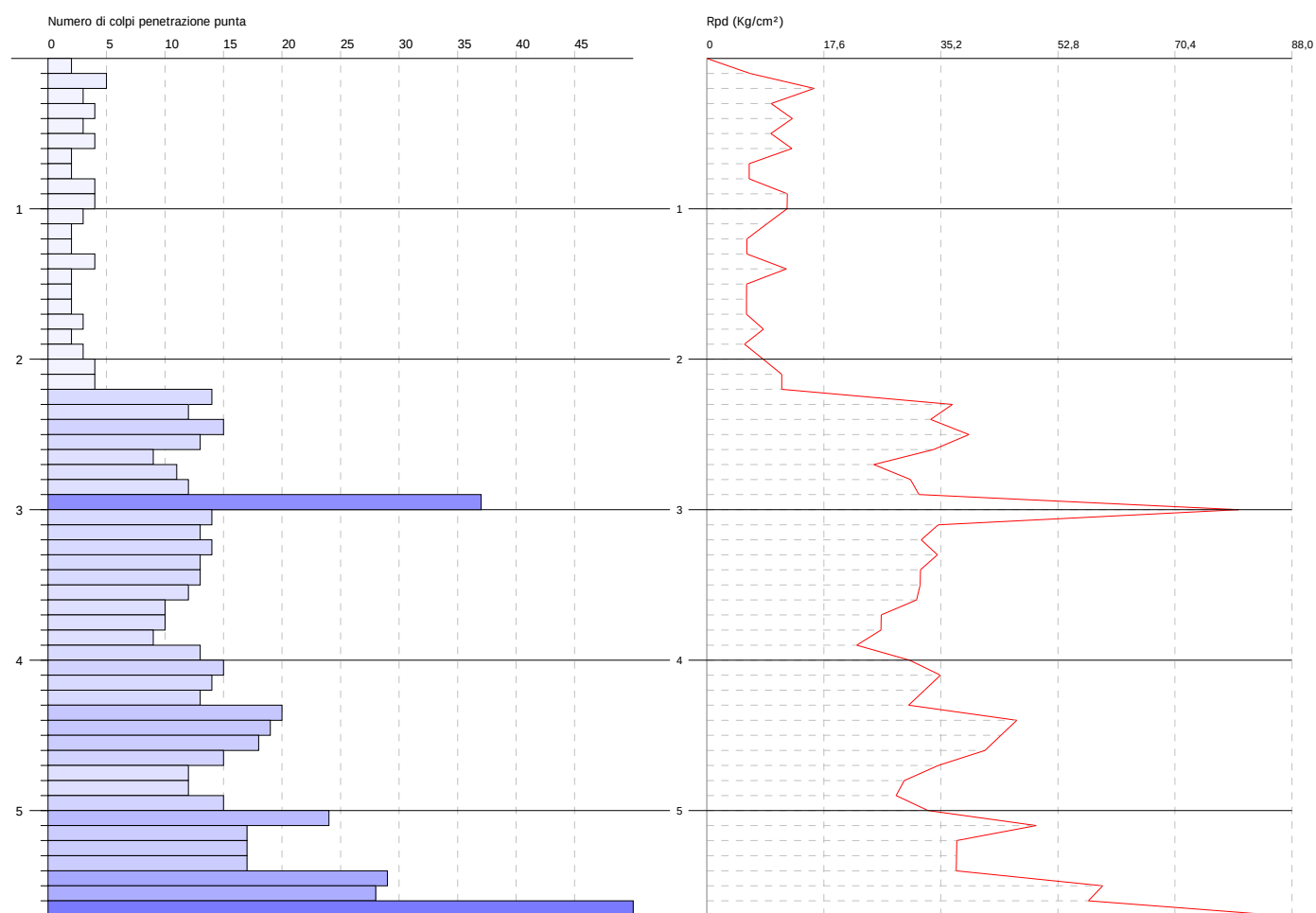
PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Profondità prova
Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI
08/04/2009
5,70 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	2	0,857	6,47	7,56	0,32	0,38
0,20	5	0,855	16,14	18,89	0,81	0,94
0,30	3	0,853	9,66	11,33	0,48	0,57
0,40	4	0,851	12,86	15,11	0,64	0,76
0,50	3	0,849	9,62	11,33	0,48	0,57
0,60	4	0,847	12,80	15,11	0,64	0,76
0,70	2	0,845	6,39	7,56	0,32	0,38
0,80	2	0,843	6,37	7,56	0,32	0,38
0,90	4	0,842	12,11	14,39	0,61	0,72
1,00	4	0,840	12,08	14,39	0,60	0,72
1,10	3	0,838	9,04	10,79	0,45	0,54
1,20	2	0,836	6,02	7,19	0,30	0,36
1,30	2	0,835	6,00	7,19	0,30	0,36
1,40	4	0,833	11,98	14,39	0,60	0,72
1,50	2	0,831	5,98	7,19	0,30	0,36
1,60	2	0,830	5,97	7,19	0,30	0,36
1,70	2	0,828	5,96	7,19	0,30	0,36
1,80	3	0,826	8,92	10,79	0,45	0,54
1,90	2	0,825	5,66	6,86	0,28	0,34
2,00	3	0,823	8,48	10,30	0,42	0,51
2,10	4	0,822	11,28	13,73	0,56	0,69
2,20	4	0,820	11,26	13,73	0,56	0,69
2,30	14	0,769	36,93	48,05	1,85	2,40
2,40	12	0,817	33,65	41,18	1,68	2,06
2,50	15	0,766	39,42	51,48	1,97	2,57
2,60	13	0,764	34,10	44,61	1,70	2,23
2,70	9	0,813	25,11	30,89	1,26	1,54
2,80	11	0,811	30,63	37,75	1,53	1,89
2,90	12	0,810	31,90	39,38	1,59	1,97
3,00	37	0,659	79,98	121,42	4,00	6,07
3,10	14	0,757	34,79	45,94	1,74	2,30
3,20	13	0,756	32,25	42,66	1,61	2,13
3,30	14	0,755	34,67	45,94	1,73	2,30
3,40	13	0,753	32,14	42,66	1,61	2,13
3,50	13	0,752	32,09	42,66	1,60	2,13
3,60	12	0,801	31,54	39,38	1,58	1,97
3,70	10	0,800	26,24	32,82	1,31	1,64
3,80	10	0,798	26,20	32,82	1,31	1,64
3,90	9	0,797	22,56	28,30	1,13	1,41
4,00	13	0,746	30,49	40,87	1,52	2,04
4,10	15	0,745	35,13	47,16	1,76	2,36
4,20	14	0,744	32,74	44,02	1,64	2,20
4,30	13	0,743	30,35	40,87	1,52	2,04
4,40	20	0,741	46,62	62,88	2,33	3,14
4,50	19	0,740	44,23	59,74	2,21	2,99
4,60	18	0,739	41,84	56,59	2,09	2,83
4,70	15	0,738	34,81	47,16	1,74	2,36
4,80	12	0,787	29,70	37,73	1,48	1,89

4,90	12	0,786	28,46	36,21	1,42	1,81
5,00	15	0,735	33,27	45,26	1,66	2,26
5,10	24	0,684	49,54	72,42	2,48	3,62
5,20	17	0,733	37,60	51,30	1,88	2,56
5,30	17	0,732	37,55	51,30	1,88	2,56
5,40	17	0,731	37,50	51,30	1,88	2,56
5,50	29	0,680	59,51	87,51	2,98	4,38
5,60	28	0,679	57,38	84,49	2,87	4,22
5,70	50	0,578	87,24	150,88	4,36	7,54



PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Profondità prova
Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI
08/04/2009
2,90 mt

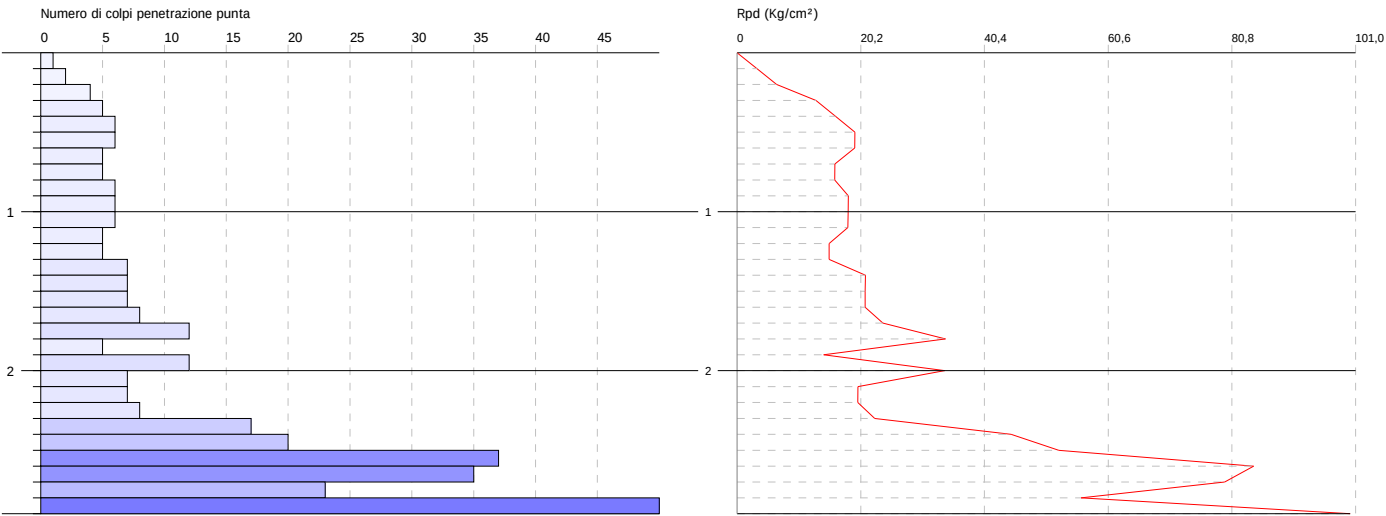
Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	1	0,857	3,24	3,78	0,16	0,19
0,20	2	0,855	6,46	7,56	0,32	0,38
0,30	4	0,853	12,88	15,11	0,64	0,76
0,40	5	0,851	16,07	18,89	0,80	0,94
0,50	6	0,849	19,24	22,67	0,96	1,13
0,60	6	0,847	19,20	22,67	0,96	1,13
0,70	5	0,845	15,96	18,89	0,80	0,94
0,80	5	0,843	15,93	18,89	0,80	0,94
0,90	6	0,842	18,16	21,58	0,91	1,08
1,00	6	0,840	18,12	21,58	0,91	1,08
1,10	6	0,838	18,08	21,58	0,90	1,08
1,20	5	0,836	15,04	17,98	0,75	0,90
1,30	5	0,835	15,01	17,98	0,75	0,90
1,40	7	0,833	20,97	25,17	1,05	1,26
1,50	7	0,831	20,93	25,17	1,05	1,26
1,60	7	0,830	20,88	25,17	1,04	1,26
1,70	8	0,828	23,82	28,77	1,19	1,44
1,80	12	0,826	35,66	43,16	1,78	2,16
1,90	5	0,825	14,15	17,16	0,71	0,86
2,00	12	0,823	33,90	41,18	1,70	2,06
2,10	7	0,822	19,74	24,02	0,99	1,20
2,20	7	0,820	19,70	24,02	0,99	1,20
2,30	8	0,819	22,48	27,45	1,12	1,37
2,40	17	0,767	44,76	58,34	2,24	2,92
2,50	20	0,766	52,55	68,64	2,63	3,43
2,60	37	0,664	84,34	126,98	4,22	6,35
2,70	35	0,663	79,61	120,11	3,98	6,01
2,80	23	0,711	56,15	78,93	2,81	3,95
2,90	50	0,610	100,10	164,08	5,00	8,20

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: Sig. Stefani
Cantiere: Sassatella
Località: Frassinoro

Data: 08/04/2009

Scala 1:50



PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Profondità prova
Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI
08/05/2009
2,50 mt

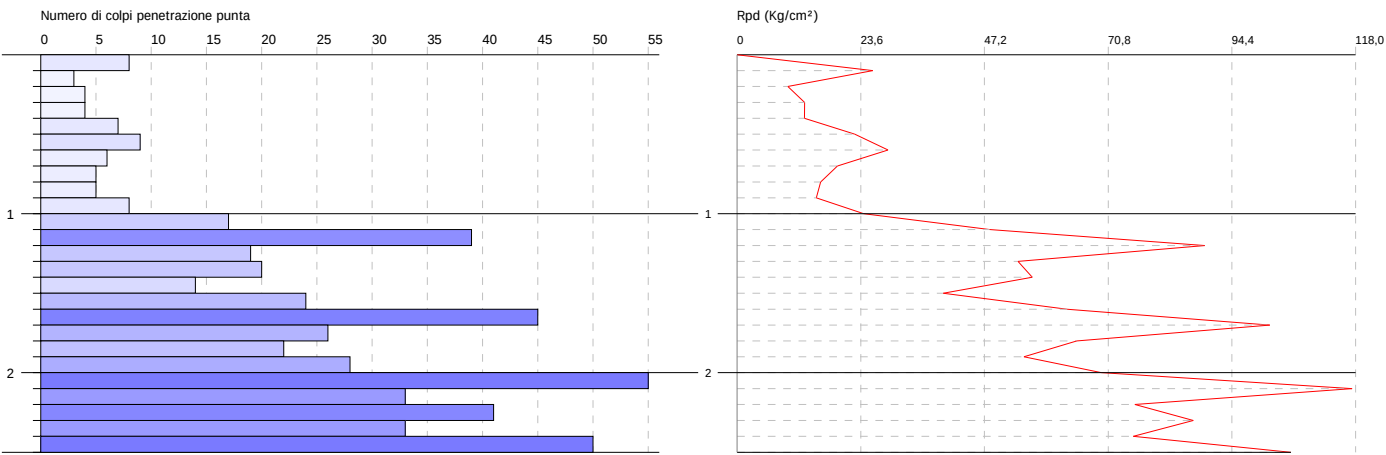
Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	8	0,857	25,89	30,22	1,29	1,51
0,20	3	0,855	9,69	11,33	0,48	0,57
0,30	4	0,853	12,88	15,11	0,64	0,76
0,40	4	0,851	12,86	15,11	0,64	0,76
0,50	7	0,849	22,45	26,44	1,12	1,32
0,60	9	0,847	28,80	34,00	1,44	1,70
0,70	6	0,845	19,16	22,67	0,96	1,13
0,80	5	0,843	15,93	18,89	0,80	0,94
0,90	5	0,842	15,13	17,98	0,76	0,90
1,00	8	0,840	24,16	28,77	1,21	1,44
1,10	17	0,788	48,18	61,14	2,41	3,06
1,20	39	0,636	89,24	140,26	4,46	7,01
1,30	19	0,785	53,61	68,33	2,68	3,42
1,40	20	0,783	56,31	71,93	2,82	3,60
1,50	14	0,781	39,33	50,35	1,97	2,52
1,60	24	0,730	62,97	86,31	3,15	4,32
1,70	45	0,628	101,62	161,84	5,08	8,09
1,80	26	0,726	67,92	93,51	3,40	4,68
1,90	22	0,725	54,72	75,50	2,74	3,78
2,00	28	0,723	69,49	96,09	3,47	4,80
2,10	55	0,622	117,34	188,75	5,87	9,44
2,20	33	0,670	75,89	113,25	3,79	5,66
2,30	41	0,619	87,04	140,71	4,35	7,04
2,40	33	0,667	75,55	113,25	3,78	5,66
2,50	50	0,616	105,65	171,59	5,28	8,58

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: Sig. Stefani
Cantiere: Sassatella
Località: Frassinoro

Data: 08/05/2009

Scala 1:50



<i>Domanda</i>	n. 016
<i>Richiedente</i>	Carbonari Ilva Cesarina
<i>Foglio</i>	38
<i>Mappali</i>	8
<i>Tavola PRG</i>	5.7

Dott. Ildo Facchini geologo Fiorano - Modena - tel/fax 0536/844233 e-mail ildo.facchini@tin.it

COMUNE DI FRASSINORO PROVINCIA DI MODENA

Comune in zona sismica 2 (Ordinanza P.C.M. N. 3274/2003)

**RELAZIONE GEOLOGICA PER LA VARIANTE
AL VIGENTE P.R.G. COMUNALE CON
RICLASSIFICAZIONE DI UN TERRENO
da zona omogena tipo D6 a zona omogena tipo B1**

in località Sassatella, via i Ronchi

D.M. 14 .1.2008 - N.T.C. 2008 - D.A.L. Emilia Romagna 112/2007



Committente: Cabonargi Ilva Cesarina

Fiorano Agosto 2012

PREMESSA.

*Su incarico della signora **Cabonargi Ilva Cesarina** si elabora la seguente relazione geologica e sismica a corredo della richiesta di variante al vigente P.R.G. del comune di Frassinoro per un'area ubicata nella frazione di Sassatella del medesimo comune, via i Ronchi.*

Il lotto è localizzabile alla tavola CTR a scala 1:25.000 235 SE Pievepelago, alla sezione CTR a scala 1:10.000 235120 Boccasuolo nonché all'elemento CTR a scala 1:5.000 235124 Boccasuolo

Catastralmente è individuabile al foglio n. 38 del comune di Frassinoro, mappale 8 in parte. Scopo del lavoro è verificare l'idoneità del sito ad essere edificato, fornire un quadro generale sulle sue caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche e dell'intorno di influenza e caratterizzarlo a seguito della classificazione del territorio del comune di Frassinoro come "Zona sismica 2".

Si tiene altresì conto di quanto indicato dal D.M. 14 Gennaio 2008, dalle Norme Tecniche sulle costruzioni del 2008 e dalla deliberazione dell'Assemblea Regionale dell'Emilia Romagna 112/2007.

INQUADRAMENTO GEO-MORFOLOGICO E STABILITA'

La zona in esame si colloca in corrispondenza della fascia bassa dell'ampio versante che dall'allineamento Monte Spalanco Poggio Mezzature degrada con pendenze irregolari verso il corso del torrente Dragone da cui dista mediamente 600 metri.

Nello specifico l'area, moderatamente acclive e con una pendenza media, su un fronte di 200 metri in direzione NW – SE attorno al 10%, si colloca a Sud del piccolo rio che dalla località "Cà de Gianni" si immette nel Dragone medesimo ed immediatamente a valle della statale delle Radici, da cui è separata da una modesta scarpata antropica.

*Solo a monte della statale la pendenza tende ad incrementarsi così come in prossimità del Dragone già citato, a causa anche delle scarpate conseguenti alla sua azione erosiva. **La quota del sito è stimabile attorno a 826 metri s.l.m.***

Dai rilievi eseguiti e dalle fonti bibliografiche, si desume che l'intorno del lotto e il sito medesimo sia interessato da una vasta coltre detritica che ricopre la formazione di Monte Venere ben evidente verso Ovest avvicinandosi al capoluogo. Si rinvencono quindi lembi di torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi con al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre caratterizzate da intercalazioni di strati arenaceo-pelitici da sottili a

spessi grigio brunastri. Tale situazione stratigrafica è evidenziata ad esempio lungo la scarpata stradale immediatamente a Nord.

L'area risulta classificata, nella carta del dissesto del P.T.C.P. provinciale e nella carta geolitologica allegata, come "deposito di frana quiescente complessa" (**a2g** in legenda) così definita: "Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento".

Le caratteristiche morfologiche locali (ampia superficie moderatamente acclive priva di indicatori di potenziale instabilità per l'intorno di interesse) portano però a ritenere non rilevante, per l'equilibrio complessivo del sito da edificare, la classificazione su ampia scala riportata in bibliografia

Lungo su una sezione significativa ortogonale al versante e per un fronte di 500 metri circa si è altresì provveduto ad eseguire una **verifica di stabilità allo scorrimento** in condizioni sismiche e drenate, utilizzando i dati altimetrici ricavati dalla CTR nonché il metodo di Janbu.

Il programma di calcolo utilizzato è denominato "Slope", è prodotto dalla società Geostru (www.geostru.com) ed affronta il problema della valutazione dell'equilibrio di una porzione di versante nella varie condizioni e con diversi approcci.

Data la limitatezza areale dell'area di interesse e la semplicità della futura utilizzazione urbanistica (un fabbricato mono o bi familiare) si ritiene sufficiente affrontare il calcolo della stabilità del versante ipotizzando un terreno monostratificato e sottostimando i valori dei parametri geotecnici di riferimento.

Qui di seguito di riportano alcuni cenni teorici sull'approccio di calcolo effettuato.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;

n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i

$(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;

n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;

$(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;

una incognita costituita dal fattore di sicurezza F . **Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.**

mentre le equazioni a disposizione sono:

Equazioni di equilibrio dei momenti n

Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n

Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n

Equazioni relative al criterio di rottura n

Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quando si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite. I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni. **Il metodo utilizzato è quello di JANBU (1967)** che ha esteso il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

I risultati sono i seguenti:

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	204,41 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	182,98 m
Ascissa vertice destro superiore xs	510,79 m
Ordinata vertice destro superiore ys	224,41 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie Stabilità dei pendii e Fondazioni

Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,52	2,49	0,25
S.L.D.	50,0	0,65	2,49	0,27
S.L.V.	475,0	1,63	2,39	0,29
S.L.C.	975,0	2,05	2,4	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

S.L. Stato limite	Amax [m/s ²]	Beta [-]	Kh [-]	Kv [sec]
S.L.O.	0,624	0,2	0,0127	0,0064
S.L.D.	0,78	0,2	0,0159	0,008
S.L.V.	1,956	0,24	0,0479	0,0239
S.L.C.	2,4586	0,28	0,0702	0,0351

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,013
Coefficiente azione sismica verticale	0,006

Vertici profilo

N	X m	Y m
1	0,0	0,0
2	45,0	5,0
3	70,0	10,0
4	80,0	15,0
5	150,0	25,0
6	290,0	45,0
7	345,0	50,0
8	375,0	50,0
9	395,0	52,0
10	400,0	55,0
11	450,0	75,0
12	590,0	100,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia (valutazione media molto cautelativa anche dai risultati desunti dalle indagini penetrometriche)

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico;

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Litologia
1	0.35	0.5	20	1900	Torbiditi e detrito consistente

Sovraccarichi ipotizzati (Nuova costruzione)

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	350	50	365	50	1,5

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,95
Ascissa centro superficie	403,55 m
Ordinata centro superficie	185,05 m
Raggio superficie	134,56 m

Analisi dei conc. Superficie...xc = 403,554 yc = 185,052 Rc = 134,557 Fs=1,9469

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	6,55	-5,0	6,57	8168,22	106,19	49,01	0,35	20,0	0,0	9508,7	14884,6
2	5,0	-2,6	5,01	27250,89	354,26	163,51	0,35	20,0	0,0	27977,5	15534,4
3	19,01	2,5	19,03	295269,4	3838,5	1771,62	0,35	20,0	0,0	291268,1	96797,1
4	10,19	8,8	10,31	243217,3	3161,83	1459,3	0,35	20,0	0,0	235555,2	69051,7
5	10,19	13,2	10,46	283770,5	3689,02	1702,62	0,35	20,0	0,0	273573,1	78373,1
6	10,62	17,8	11,15	321574,9	4180,47	1929,45	0,35	20,0	0,0	310404,4	89454,5
7	9,75	22,4	10,55	281712,7	3662,27	1690,28	0,35	20,0	0,0	273237,6	82663,0
8	10,19	27,1	11,44	239697,8	3116,07	1438,19	0,35	20,0	0,0	233438,5	78693,8
9	10,19	32,1	12,03	162950,5	2118,36	977,7	0,35	20,0	0,0	157443,5	65752,1
10	10,19	37,4	12,82	61523,55	799,81	369,14	0,35	20,0	0,0	50368,2	44591,2

Fs minimo individuato 1,95 Il valore trovato è conforme alla normativa vigente.

IL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Il D.M. del 14/1/2008 al paragrafo 3.2.2 definisce le categorie topografiche ed i relativi coefficienti di amplificazione topografica come indicato nella tabella 3.2.VI secondo lo schema riportato:

D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni"

AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

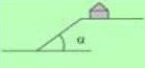
Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera	S_T
T1	$i < 15^\circ$	1,0
T2	Sommità del pendio con $i > 15^\circ$	1,2
T3	Cresta del rilievo con $15^\circ < i < 30^\circ$	1,2
T4	Cresta del rilievo con $i > 30^\circ$	1,4



Pendio creste o dorsali devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Fattore di amplificazione topografica (S_T)			
Morfologia		Pendenza media α	S_T
Pendii scoscesi isolati		$> 15^\circ$	$< 1,2$
Larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base		$15^\circ \text{ to } 30^\circ$	$< 1,2$
		$> 30^\circ$	$< 1,4$

Verifica del coefficiente di amplificazione topografica:

Sezione indicata nella planimetria sopra riportata:

quota sommità 875 m Quota base 775 m Dislivello: 100 m Distanza 490 m

Pendenza: $100 \times 100/490 = 20\% = 11,5^\circ < 15^\circ$ **$S_T = 1,0$**

CONDIZIONI IDROLOGICHE.

L'elemento idrografico principale della zona è il già citato piccolo che drena, parzialmente tombato, la vallecchia verso Nord oltre alla zona di futuro intervento.

Il drenaggio superficiale della pendice è invece caratterizzato da un ruscellamento diffuso, solo sporadicamente concentrato in collettori ben definiti, anch'essi oltre la zona di intervento. L'idrografia sotterranea è anch'essa scarsamente significativa perchè ostacolata dalla modesta permeabilità del sub – strato e saltuariamente si può impostare al passaggio tra orizzonti a diversa granulometria o grado di alterazione da captare in caso di strutture interrato realizzando un dreno a tergo che permetta all'acqua eventualmente raccolta di essere convogliata oltre il perimetro della costruzione. Un ulteriore sistema drenante sarà realizzato per ovviare al ristagno d'acqua con vegetazione igrofila presente sul confine NW della proprietà, che potrà essere convogliato verso il rio già citato, peraltro in buona parte esterno alla zona richiesta.

USO DEL SUOLO

L'area in esame è attualmente vocata a prato seminativo e manca in pratica qualsiasi copertura arborea, fatta eccezione per un esemplare sul lato meridionale che probabilmente non risulterà neppure interessata dalla nuova edificazione. Assente invece qualsiasi intervento antropico se non la sede stradale a Ovest.

CARATTERISTICHE DEL PRIMO SOTTOSUOLO E VALUTAZIONE SULLA TIPOLOGIA DELLE FONDAZIONI.

*Per avere le prime informazioni sul sottosuolo si sono eseguite due prove penetrometriche dinamiche pesanti (D.P.H.) con uno strumento automatico ora **certificato Pagani Geotechnical Equipemts** avente le seguenti caratteristiche:*

massa battente: 50 Kg.

Altezza di caduta: 50 cm.

Sezione della punta 15 cmq.

Angolo all'apice: 90°.

Frequenza delle battute 25 - 30 al minuto primo.

Le caratteristiche della punta impiegata permettono di limitare l'attrito laterale sulle aste. L'ubicazione di massima delle indagini ed i relativi diagrammi sono allegati alla presente.

*Esaminando i risultati emersi dall'indagine si individua un sottosuolo solitamente di buona consistenza, senza apprezzabili livelli deboli, con presenza di un livello impenetrabile all'infissione attorno ai cinque metri di profondità. **In nessuno dei punti investigati si è incontrata acqua.***

DIMENSIONAMENTO E SCELTA DELLE FONDAZIONI.

Non essendo in possesso di dati definitivi sul futuro intervento edilizio, si rimanda ad un'ulteriore fase di studio le verifiche di dettaglio sul comportamento del terreno al carico trasmesso da nuove costruzioni.

Nel corso della elaborazione del progetto definitivo si dovranno infatti integrare i dati generali attualmente forniti e tali approfondimenti faranno poi parte integrante dello studio geotecnico dei futuri interventi edilizi.

Data comunque la litologia del primo sottosuolo e la sua buona resistenza non si ritiene necessario porre limitazioni particolari nella scelta delle strutture di fondazione, che potranno consistere anche nelle tradizionali fondazioni nastriformi a trave rovescia o su platea nel caso si opti per una porzione interrata.

VALUTAZIONE DELLA SISMICITA' DI RIFERIMENTO E DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO DI COSTRUZIONE (§3.2 DM 14/1/2008)

Nella Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 è stato pubblicato il decreto 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" del Ministro delle infrastrutture, di concerto con il Ministro dell'interno e con il Capo Dipartimento della protezione civile. Le nuove norme tecniche per le costruzioni sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 settembre 2005 e sono entrate in vigore a partire dal 1 Luglio 2009.

La Regione Emilia Romagna ha inoltre adottato la Delibera n. 112 del 02-05-2007 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica." Nell'allegato A4, sono riportati i valori di accelerazione massima, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), per ogni comune della Regione.

MO	Fiorano Modenese	0.162
MO	Fiumalbo	0.198
MO	Formigine	0.163
MO	Frassinoro	0.178
MO	Guiglia	0.160
MO	Lama Mocogno	0.161

Per il Comune di Frassinoro risulta $a_{refg} = 0,178$.

VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA.

Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale ha come obiettivo:

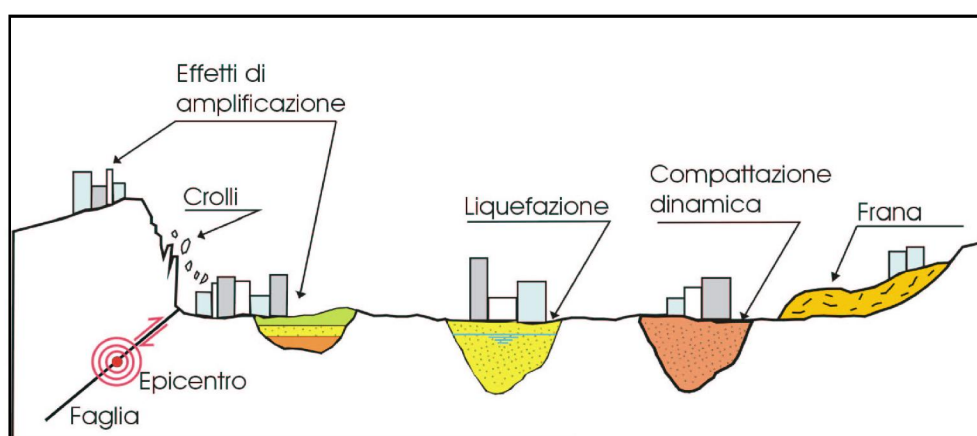
- l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).

- I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, contenuti nel quadro conoscitivo, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

MICROZONAZIONE SISMICA

La diversa entità dei danni prodotti da un terremoto nello stesso ambito territoriale dimostra che le azioni sismiche possono assumere, anche a distanze di poche decine di metri, caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni geologiche che caratterizzano un dato ambito territoriale (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie, ecc).

La microzonazione sismica si propone quindi di studiare e valutare quantitativamente l'influenza che le condizioni geologiche locali hanno sui movimenti del suolo durante un evento sismico. L'elemento base della microzonazione sismica è la valutazione della "risposta sismica locale" (RSL). Con tale termine s'intende l'insieme delle modifiche in intensità, ampiezza e frequenza, che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), posta ad una certa profondità nel sottosuolo, subisce attraverso gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie.



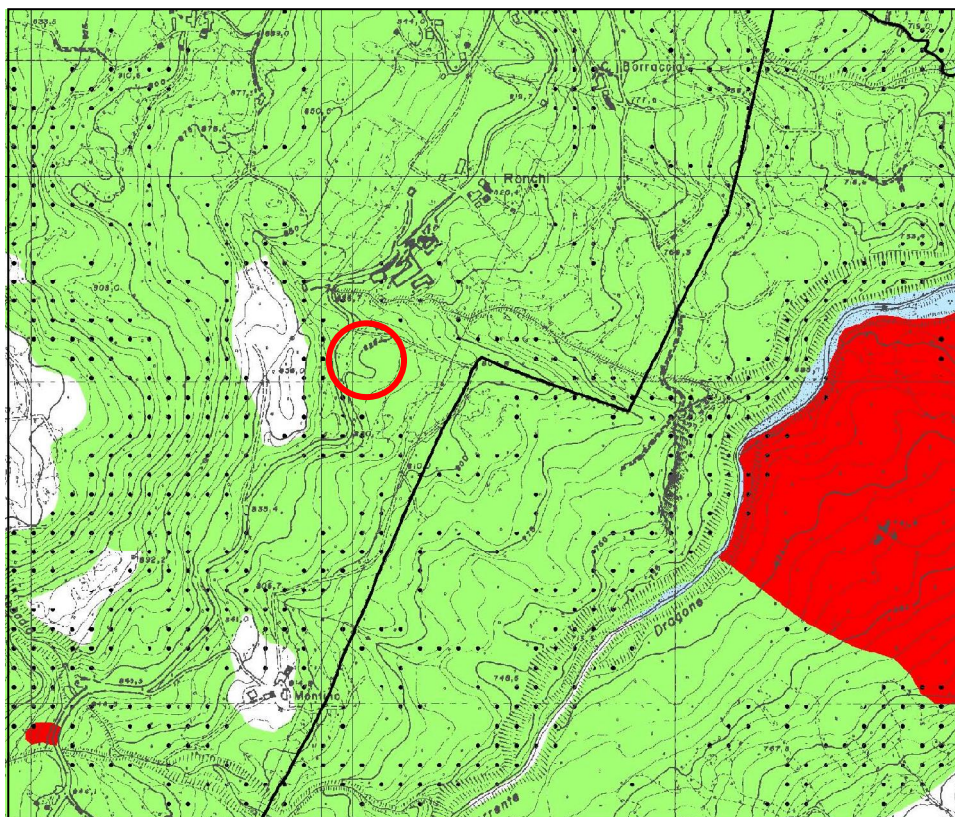
Schema che illustra il significato della risposta sismica locale.

La delibera dell'assemblea legislativa della regione Emilia Romagna n. 112 del 2007 identifica tre fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase_è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

*Il PTCP della provincia di Modena nella nuova versione 2009 (vedi figura) identifica il sito come **potenzialmente instabile e soggetto ad amplificazione per caratteristiche litologiche** e prescrive studi tesi alla valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche. Vengono altresì prescritti approfondimenti di terzo livello per quanto riguarda la microzonazione sismica.*





3	Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche <i>studi*</i> : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; <i>microzonazione sismica*</i> : approfondimenti di III livello.
4	Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche <i>studi*</i> : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; <i>microzonazione sismica*</i> : approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

Nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività $\leq 15^\circ$ in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard.

Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio.

Un'analisi più approfondita è richiesta, come indicato in precedenza, per le aree nelle quali si intenda localizzare ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento, nelle seguenti situazioni:

- a) aree soggette a liquefazione e densificazione;*
- b) aree instabili e potenzialmente instabili;*
- c) aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- d) aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

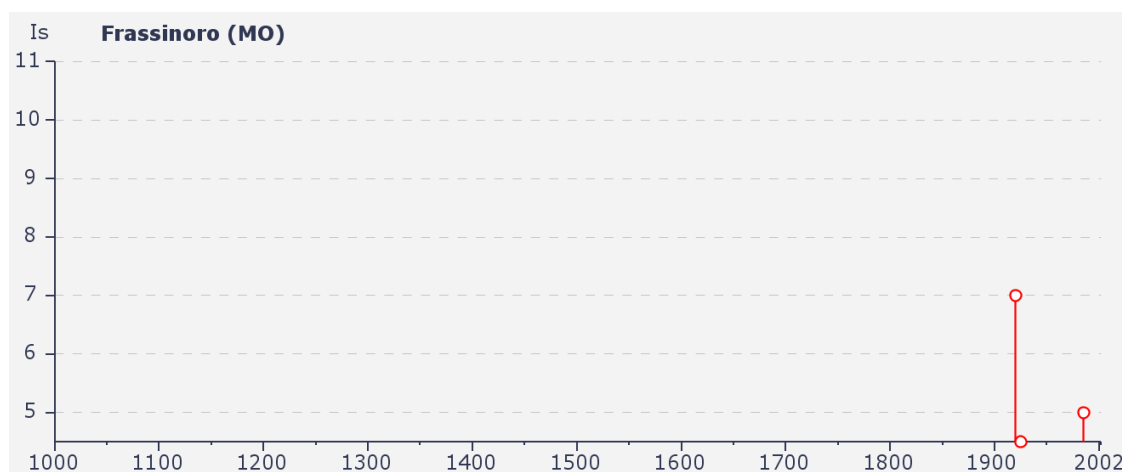
Questo terzo livello di analisi, seppur semplificato, viene prescritto per l'area in esame in quanto la zona risulta potenzialmente instabile.

L'analisi di dettaglio porta ai seguenti risultati:

- *Sul sito non sono presenti livelli sabbiosi saturi (il tipo litologico prevalente è costituito da argille e torbiditi arenaceo marnose senza falda superficiale) e pertanto non sono da attendersi fenomeni di liquefazione.*

- L'area di interesse ed un ampio intorno sulla direzione prevalente del versante rientra in una classe con acclività inferiore ai 15° e pertanto *si possono trascurare i fenomeni di amplificazione locale per cause topografiche.*
- Le variazioni stratigrafiche locali poco influenzano la futura edificazione in quanto il tipo litologico presente è caratterizzato da una buona resistenza meccanica.
- La verifica di stabilità eseguita ha fornito risultati soddisfacenti.

DATI SISMICI DELL'AREA ESAMINATA. Da Stucchi et. alii. (2007)



Osservazioni sismiche (11) disponibili per Frassinoro (MO) [Lat.44.295, Long. 10.573]

Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	Io	Mw
1898 03 04	CALESTANO	DOM	260	6-7	5.07
1899 06 26 23 17 22	Valle del Bisenzio	CFTI	134	7	5.09
1911 09 13 22 29	CHIANTI	DOM	103	7	5.14
1920 09 07 05 55 40	Garfagnana	CFTI	638	9-10	6.48
1925 03 15 17 15	FRASSINORO	DOM	16	4-5	4.65
1929 04 20 01 09 46	Bolognese	CFTI	628	7	5.55
1931 06 10 17 02	MODENESE	DOM	14	4	4.84
1965 11 09 15 35	ALTA V. SECCHIA	DOM	32	5	5.01
1983 11 09 16 29 52	Parmense	CFTI	835	6-7	5.10
1985 01 23 10 10 17	GARFAGNANA	BMING	73	6	4.69
1986 12 06 17 07 19	BONDENO	DOM	604	6	4.56
1987 05 02 20 43 53	REGGIANO	DOM	802	6	5.05
1995 10 10 06 54 22	LUNIGIANA	INGVAM	341	7	5.04
1999 07 07 17 16 13	FRIGNANO	INGVAM	32	5	4.73

Metodologia adottata per la valutazione della RSL

Nel metodo suggerito dalle Ordinanze P.C.M n. 3274 e n. 3431 il parametro adottato per l'individuazione delle "categorie di suolo di fondazione" è la cosiddetta " V_{s30} ", parametro che quantifica la velocità delle onde di taglio (onde S) nei primi 30 metri di sottosuolo.

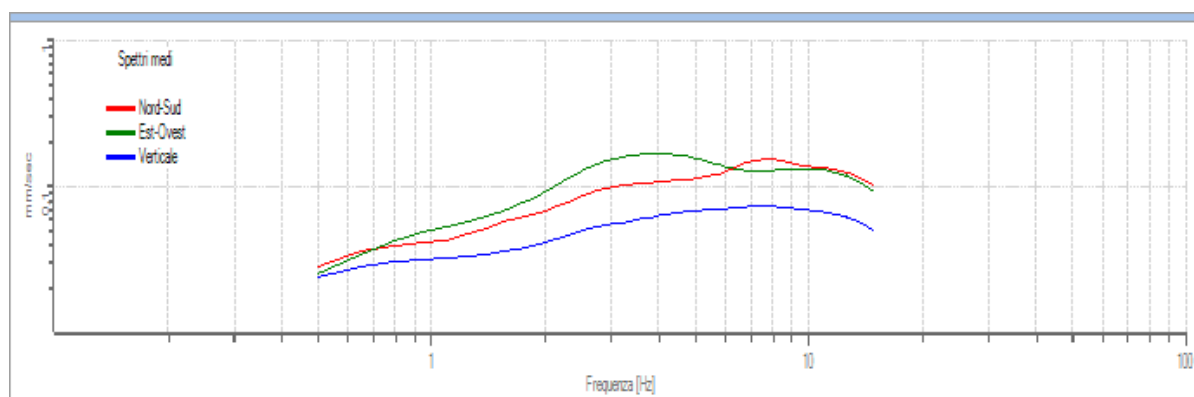
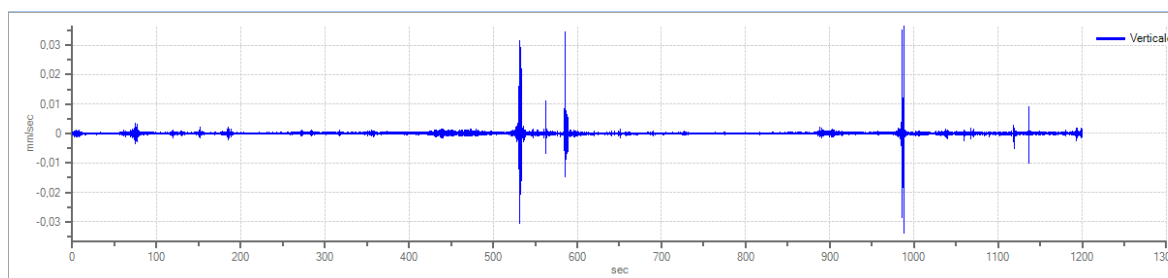
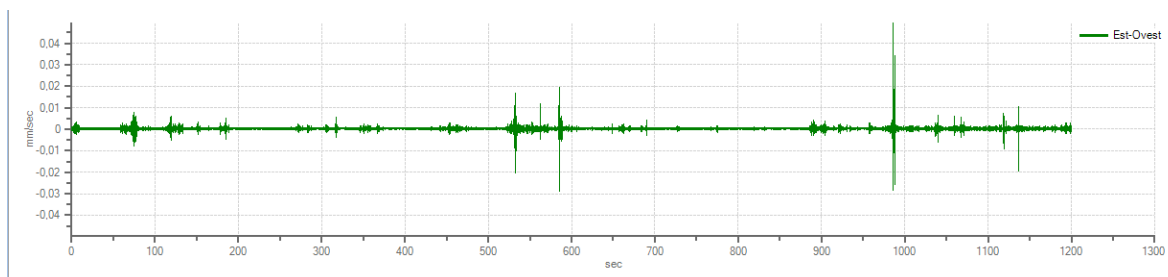
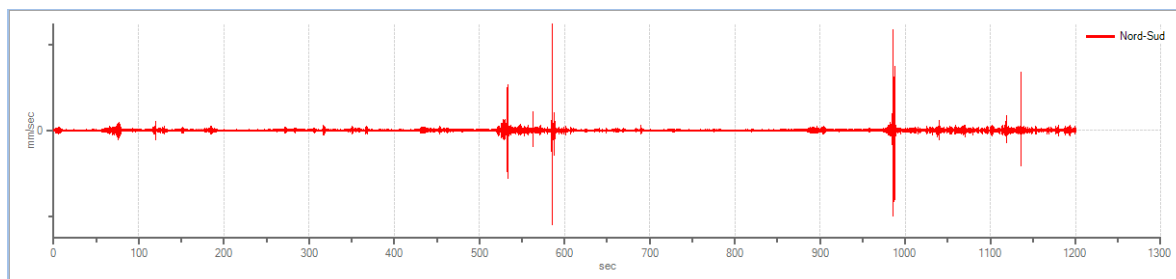
Nel caso la misura diretta della V_{s30} non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica N_{spt30} nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente C_{u30} nei terreni prevalentemente a grana fina.

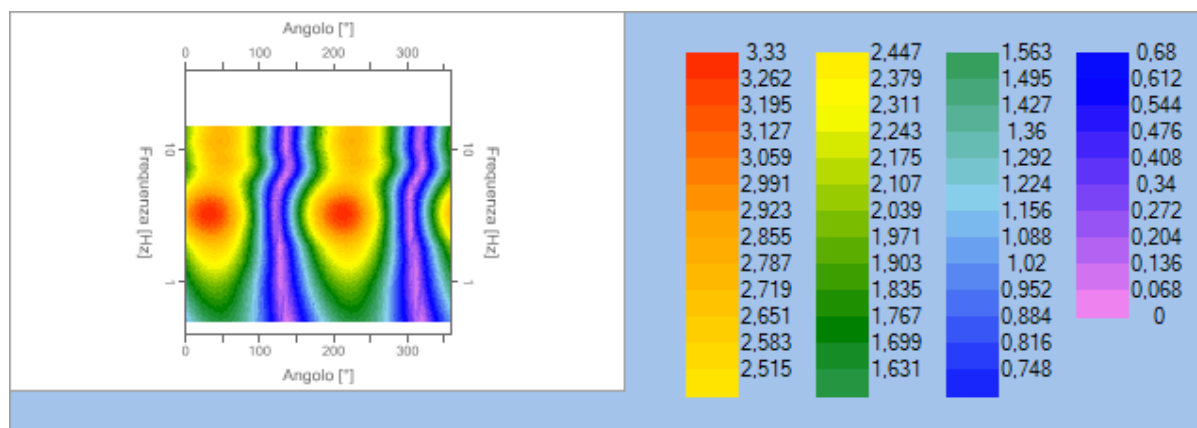
*In questo lavoro l'approccio metodologico seguito per valutare la risposta sismica locale nella zona di intervento è quello suggerito dalle Ordinanze già citate ed in particolare si utilizzano i dati di una indagine effettuata tramite la tecnica di indagine sismica passiva **HVSR con geofono 3D Pasi interfacciato a PC portatile***

La prova HVSR, (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o tecnica di Nakamura), è una prospezione geofisica passiva e misura il "rumore sismico", ovunque presente sulla superficie terrestre, allo scopo di fornire dati sulle caratteristiche geofisiche del sito investigato. L'acquisizione del segnale, avviene ponendo sul terreno un tomografo digitale al cui interno ci sono tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ad alto guadagno disposti nelle tre direzioni dello spazio. I segnali acquisiti a loro volta sono sottoposti ad una fase di processing che porta alla individuazione della curva dalla media dei rapporti delle componenti H/V, per mezzo della quale è possibile individuare le frequenze di risonanza del sito, correlabili ai cambi sismostratigrafici.

Dallo spettro così ottenuto si hanno immediatamente informazioni sulle frequenze caratteristiche del sito e da queste, avendo un vincolo, è possibile risalire a una stima delle V_{s30} . La modellazione sintetica dello spettro H/V, che avviene utilizzando un'apposita tabella di input e correlando i picchi spettrali significativi, permette di ricavare spessore, profondità e le relative velocità di taglio del terreno investigato. Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software specifico della Geostru (www.geostru.com)

I risultati ottenuti sono i seguenti:





Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/VDati riepilogativi:

Frequenza massima: 15,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,15 Hz
 Tipo lisciamento: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamento: 40,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Frequenza del picco del rapporto H/V: 3,20 Hz $\pm$ 0,41 Hz

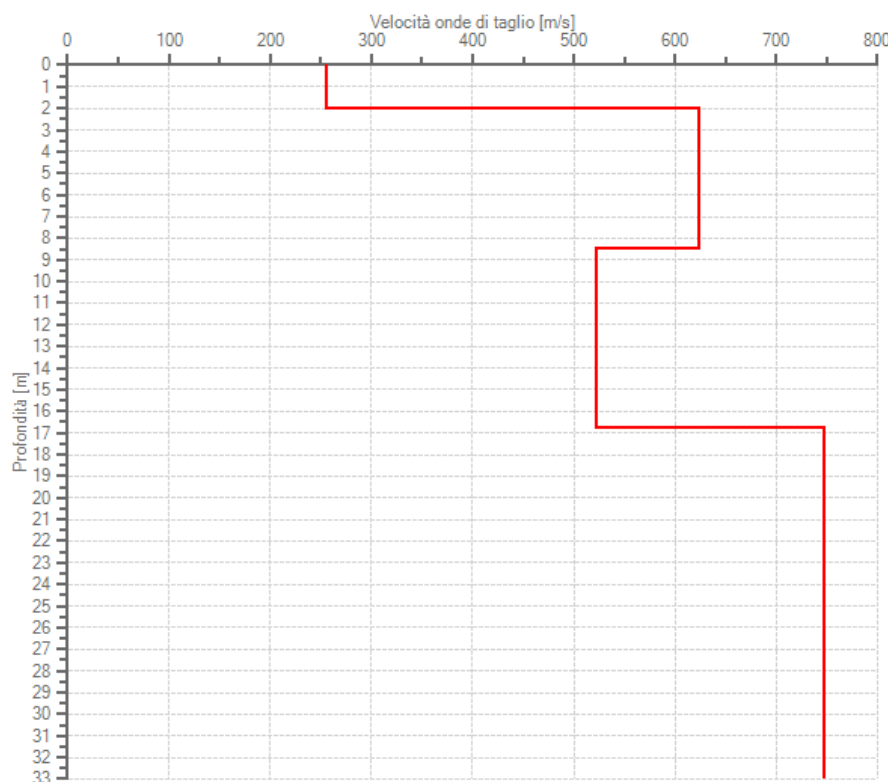
Numero strati: 4
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 14,75 Hz
 Valore di disadattamento: 0,10

Dati della stratigrafia e velocità delle onde di taglio:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	2	256
2	2	6,5	623
3	8,5	8,3	522
4	16,8	16,2	747

Valore VS_{30} con fondazioni a – 2,0 m (dato indicativo):

$$1/(6,5/623 + 8,3/522 + 15,2/747/585) \times 30 = \mathbf{643 \text{ m/s categoria B}}$$



Categorie di sottosuolo

A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore max pari a 3 m.

B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie **S1** ed **S2** di seguito indicate è invece necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni

suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensitività possa comportare

S1 Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

S2 Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

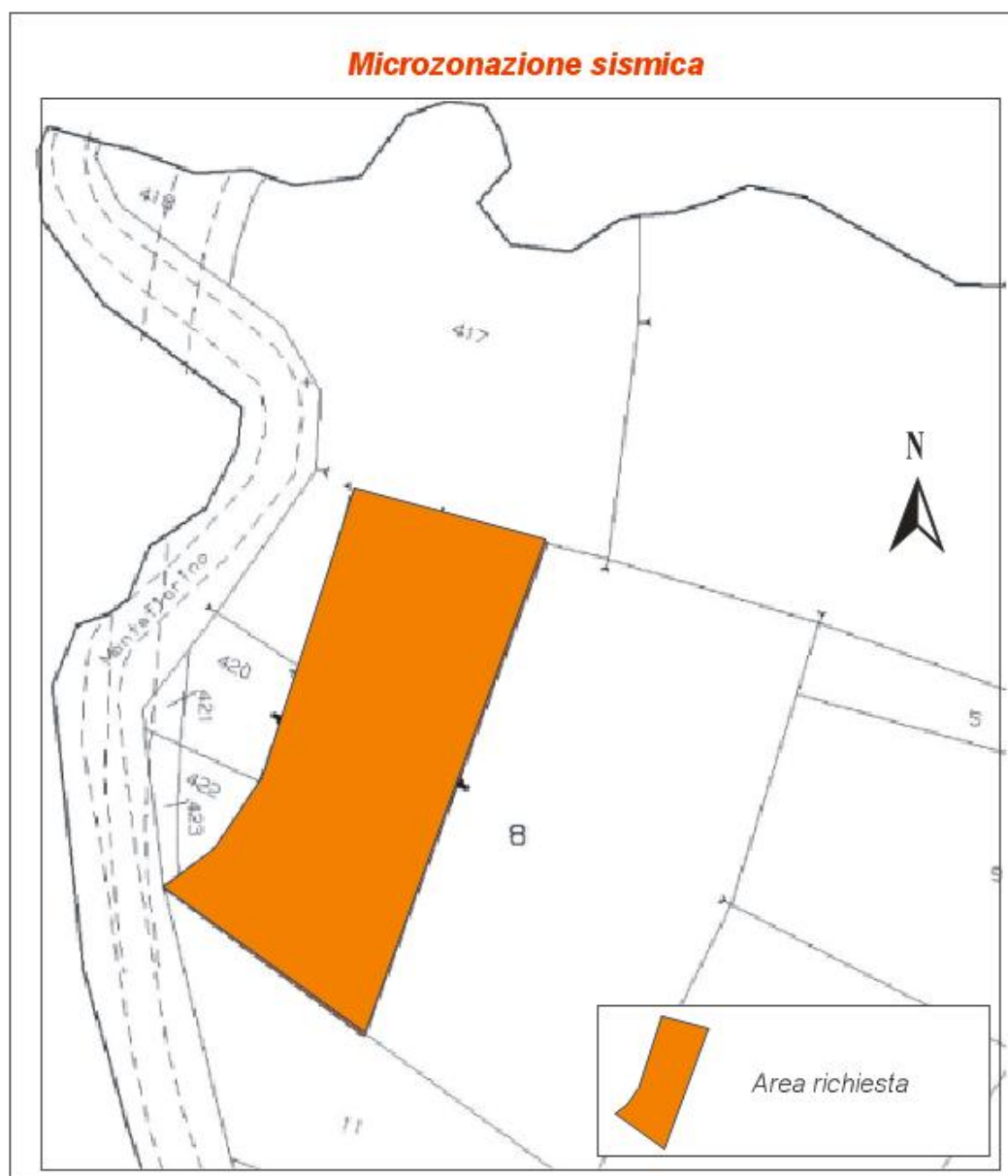
Sulla base dei dati desumibili dalla indagine sismica HVSr, che fornisce un valore di V_{s30} pari a **643 m/sec**, al sottosuolo si può assegnare la **categoria B** così definita: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Utilizzando poi i dati di cui all'allegato 2 della Deliberazione dell'Assemblea legislativa della regione Emilia Romagna n. 112/2007 punto A2.1.1. "Appennino e margine appenninico - padano" con sub strato marino caratterizzato da $V_s > 800$ m/sec ed utilizzando il valore della V_{s30} ottenuto si ricavano i fattori di amplificazione espressi sia in termini di accelerazione massima orizzontale ($PGA./PGA_o$) sia in termini di Intensità di Housner (SI/SI_o) per prefissati intervalli di periodo.

$V_{s30} = 643$ m/sec

Fattore di amplificazione dell'accelerazione di picco del suolo (PGA.)	1,314
Fattore di amplificazione della intensità spettrale (SI.) per il periodo $0.1\text{ s} < T_0 < 0.5\text{ s}$	1,214
Fattore di amplificazione della intensità spettrale (SI) per il periodo $0.5\text{ s} < T_0 < 1.0$	1,000

I valori così ottenuti vengono riportati nella carta della microzonazione sismica che segue.

**Legenda:**

Profilo stratigrafico: torbiditi arenaceo marnose con base fine ed intercalazioni di strati pelitici.

Zona soggetta ad amplificazione per caratteristiche stratigrafiche

Vs30 m/sec

643

Fattore di amplificazione dell'accelerazione di picco del suolo (PGA.)

1,314

Fattore di amplificazione della intensità spettrale (SI.) per il periodo $0.1\text{ s} < T_0 < 0.5\text{ s}$

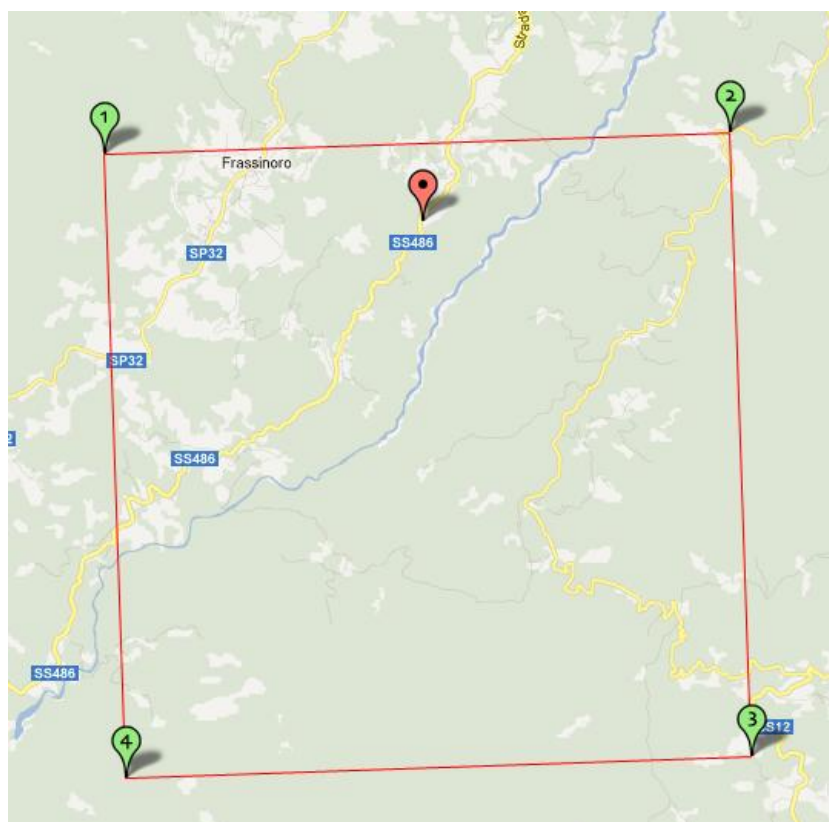
1,214

Fattore di amplificazione della intensità spettrale (SI) per il periodo $0.5\text{ s} < T_0 < 1.0$

1,000

Come elemento di riferimento per la determinazione delle azioni sismiche di progetto si riportano anche i dati di base che identificano la pericolosità sismica in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, derivanti dagli studi condotti a livello nazionale in funzione dei valori definiti nei nodi del reticolo di riferimento che contengono il sito secondo l'Allegato B alle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008.

UBICAZIONE DEL SITO PER LA VALUTAZIONE DELLA SISMICITA' DI RIFERIMENTO



Definizione della sismicità di riferimento

Qui di seguito si riportano i valori di progetto dei parametri a_g (Accelerazione orizzontale massima), F_o (fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima sul sito di riferimento), T_c (Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro) applicabili nel **comune di Frassinoro che ricade in zona sismica 2**.

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44,2921700 [°]
 Longitudine (WGS84): 10,5913800 [°]
 Latitudine (ED50): 44,2931200 [°]
 Longitudine (ED50): 10,5923900 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

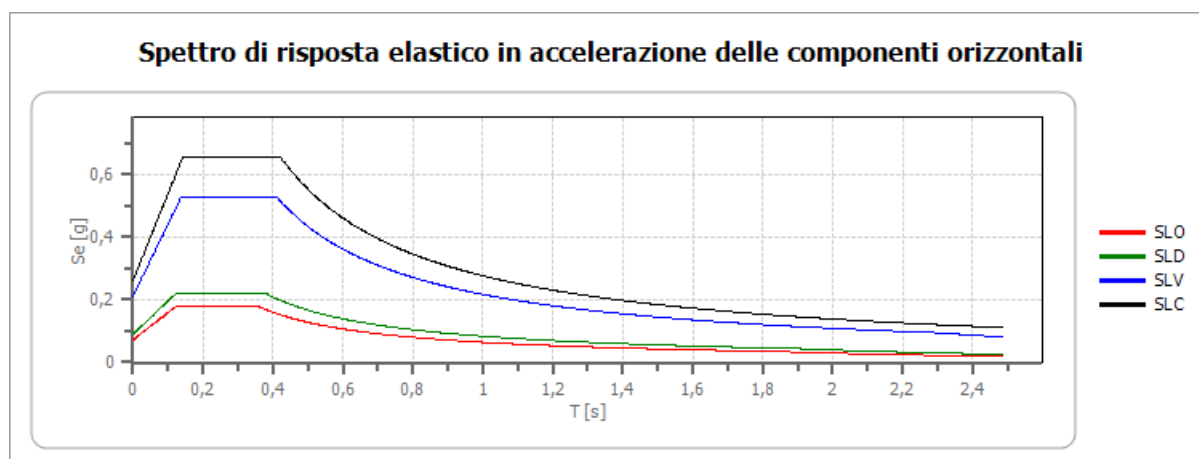
Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	17607	44,298530	10,556870	2889,83
2	17608	44,300230	10,626650	2839,24
3	17830	44,250260	10,629060	5589,36
4	17829	44,248550	10,559290	2839,24

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,018	0,051	0,073
kv	0,007	0,009	0,025	0,037
Amax [m/s ²]	0,702	0,888	2,077	2,568
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1	0,060	2,471	0,249	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,120	0,361	1,838	0,072	0,177
SLD	1	0,075	2,451	0,260	1,200	1,440	1,000	1,200	1,000	0,125	0,375	1,902	0,091	0,222
SLV	1	0,177	2,485	0,292	1,200	1,410	1,000	1,200	1,000	0,137	0,411	2,306	0,212	0,526
SLC	1	0,222	2,488	0,303	1,180	1,400	1,000	1,180	1,000	0,141	0,424	2,488	0,262	0,652

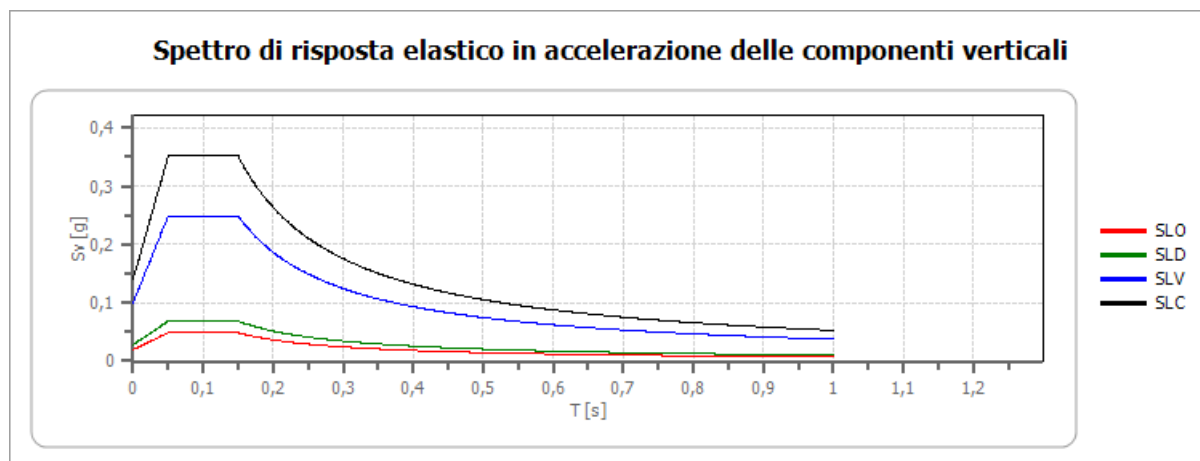
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1	0,060	2,471	0,249	1,200	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,020	0,049
SLD	1	0,075	2,451	0,260	1,200	1,440	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,028	0,069
SLV	1	0,177	2,485	0,292	1,200	1,410	1,000	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,100	0,249
SLC	1	0,222	2,488	0,303	1,180	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,141	0,351

Dove:

ag: accelerazione orizzontale massima del terreno

Fo: fattore massimo di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale

Tc: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Kh: coefficiente sismico orizzontale

Kv: coefficiente sismico verticale

Beta: coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa sul sito per i coefficienti Kh e Kv

Riferimenti normativi

Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Gli stati limite di esercizio sono:

Stato Limite di Operatività (SLO): *a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;*

Stato Limite di Danno (SLD): *a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.*

Gli stati limite ultimi sono:

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): *a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;*

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): *a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.*

CONCLUSIONI.

In base alle valutazioni sulle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrologiche del sito in oggetto nonchè nel rispetto delle indicazioni sopra riportate, non si riconoscono controindicazioni all'utilizzazione urbanistica del lotto studiato e si esprime pertanto, per quanto di competenza dello scrivente, parere favorevole alla variante urbanistica richiesta.

ALLEGATI: vista aerea del sito sul frontespizio.

Ubicazione corografica a scala 1:5.000

Ubicazione delle prove penetrometriche con diagrammi ed elaborazioni

Documentazione fotografica.

Estratto della carta del dissesto (Da PTCP della provincia di Modena)

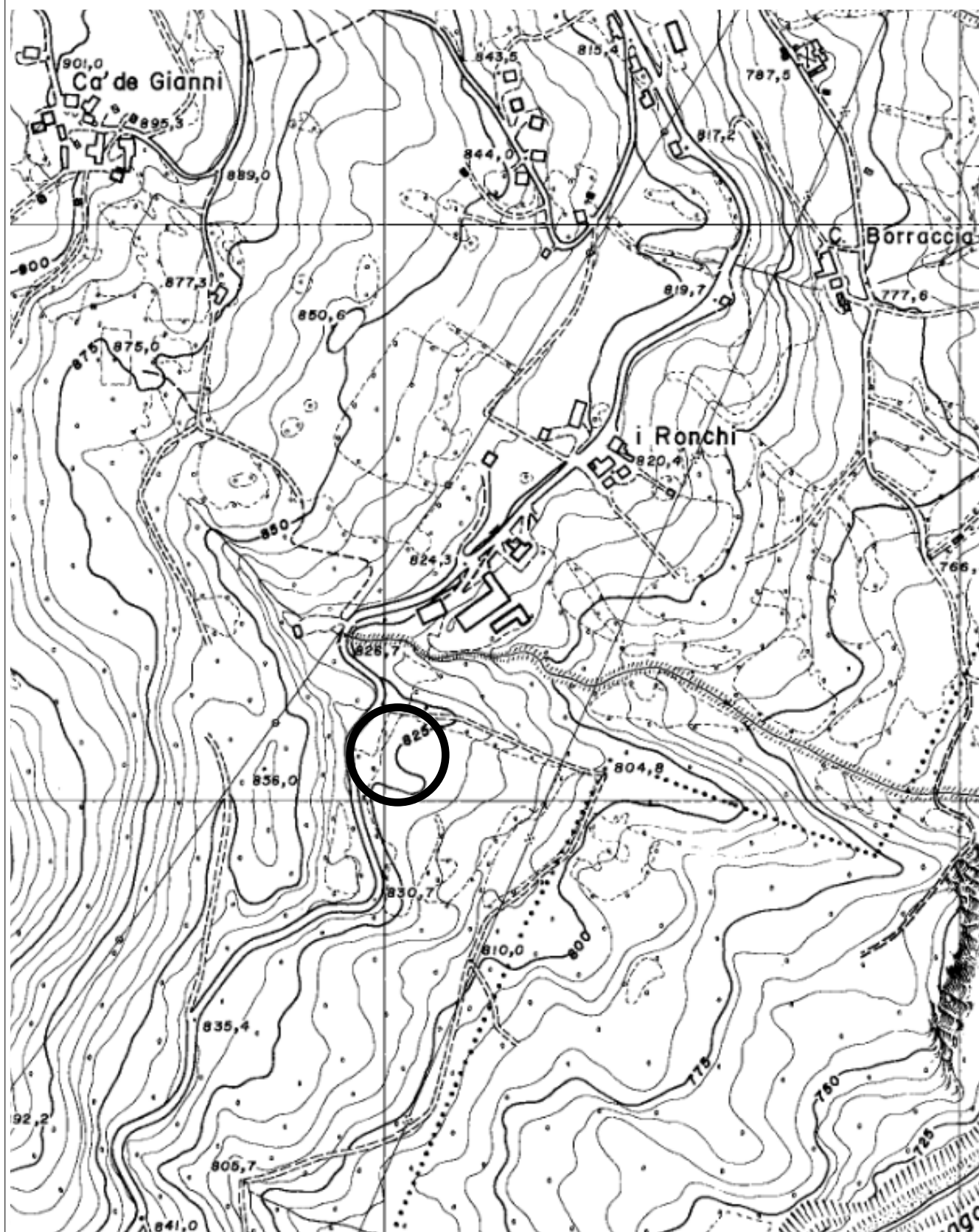
Carta geolitologica

Fiorano Agosto 2012



UBICAZIONE DELL'INTERVENTO Scala 1:5.000

Elemento C.T.R. 235120 "Boccasuolo"



**Ubicazione di massima delle prove penetrometriche e della indagine sismica HVSR
(Rappresentazione fuori scala)**



Area oggetto di richiesta di variante

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Panoramica da Nord Est e ubicazione della prova HVSR



Affioramenti torbiditici a monte del sito sulla scarpata stradale



Strumentazione utilizzata per la prova HVSR

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA



Committente: CABONARGI ILVA CESARINA

Cantiere: VARIANTE AL PRG COMUNALE

Località: SASSATELLA DI FRASSINORO VIA I RONCHI

Caratteristiche Tecniche -Strumentali Sonda: DPH TG63 100 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	50 Kg
Altezza di caduta libera	0,50 m
Peso sistema di battuta	0,6 Kg
Diametro punta conica	43,70 mm
Area di base punta	15 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	5,8 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,60 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,11
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

OPERATORE E RESPONSABILE

Dott. Ildo Facchini

RISULTATI DELLA PROVA N. 1

Prova eseguita in data

23/8/2012

Profondità prova

5,2 mt

Falda non rilevata

Rifiuto a – 5.2 m

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile i (Kg/cm ²)
0,20	9	0,855	56,82	66,49	2,84	3,32
0,40	5	0,851	31,43	36,94	1,57	1,85
0,60	22	0,747	121,41	162,53	6,07	8,13
0,80	25	0,743	124,49	167,47	6,22	8,37
1,00	18	0,790	95,23	120,58	4,76	6,03
1,20	15	0,786	79,01	100,48	3,95	5,02
1,40	16	0,783	83,91	107,18	4,20	5,36
1,60	18	0,780	94,00	120,58	4,70	6,03
1,80	15	0,776	71,35	91,91	3,57	4,60
2,00	11	0,823	55,48	67,40	2,77	3,37
2,20	12	0,820	60,30	73,53	3,02	3,68
2,40	18	0,767	84,61	110,29	4,23	5,51
2,60	21	0,714	91,91	128,68	4,60	6,43
2,80	36	0,661	134,44	203,25	6,72	10,16
3,00	38	0,659	141,31	214,54	7,07	10,73
3,20	12	0,806	54,61	67,75	2,73	3,39
3,40	15	0,753	63,80	84,69	3,19	4,23
3,60	18	0,751	76,31	101,63	3,82	5,08
3,80	25	0,698	91,40	130,86	4,57	6,54
4,00	16	0,746	62,48	83,75	3,12	4,19
4,20	21	0,694	76,25	109,92	3,81	5,50
4,40	28	0,691	101,34	146,57	5,07	7,33
4,60	32	0,639	107,08	167,50	5,35	8,38
4,80	28	0,687	93,87	136,61	4,69	6,83
5,00	28	0,685	93,58	136,61	4,68	6,83
5,20	50	0,583	142,22	243,95	7,11	12,20

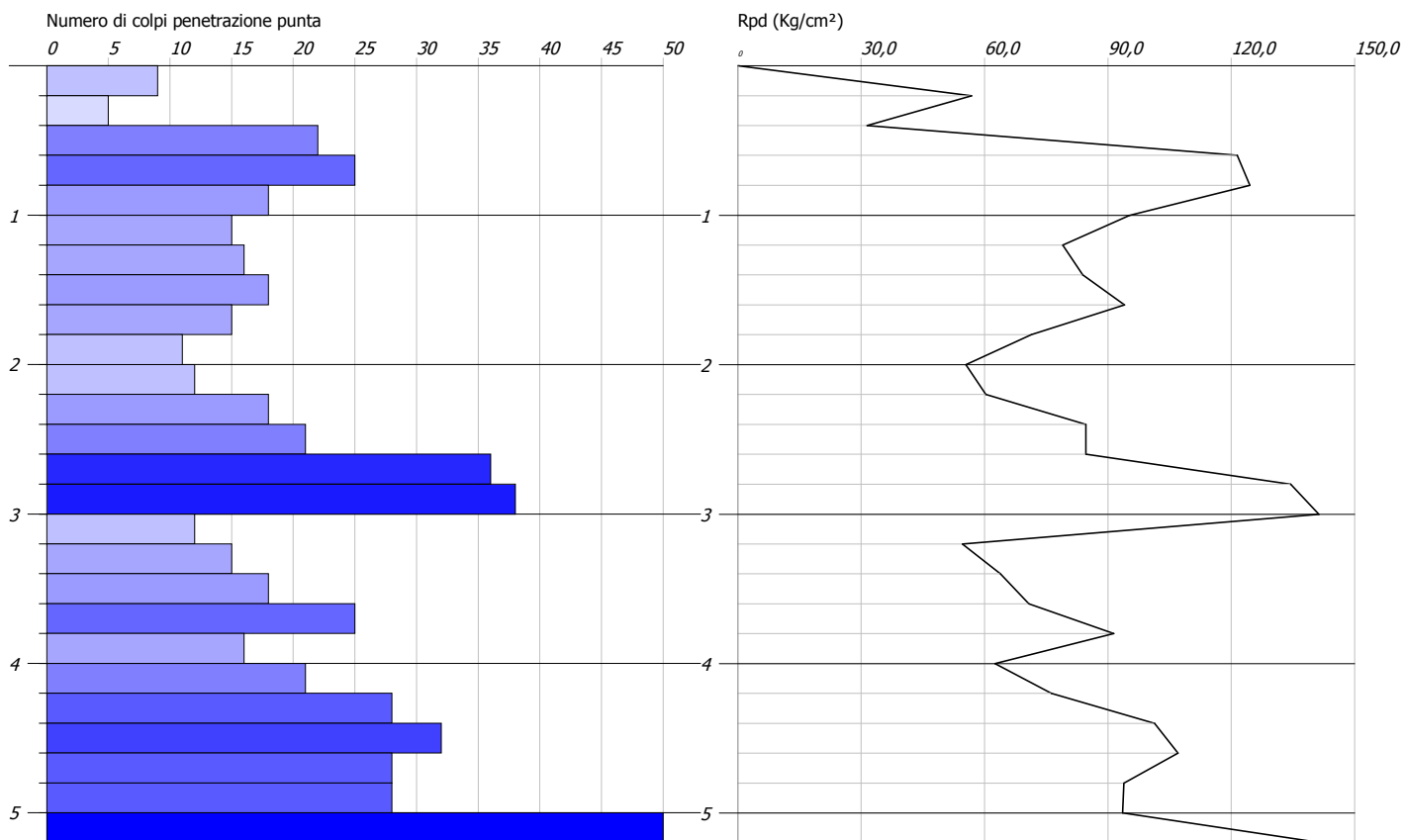
Penetrometro certificato Pagani Geotechnical Equipment

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPH TG63 100 PAGANI

Committente: CABONARGI ILVA CESARINA
 Cantiere: VARIANTE AL PRG COMUNALE
 Località: SASSATELLA DI FRASSINORO VIA I RONCHI

Data: 23/08/2012

Scala 1:50



RISULTATI DELLA PROVA N. 2

Prova eseguita in data

23/8/2012

Profondità prova

5,0 mt

Falda non rilevata

Rifiuto a – 5.0 m

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile (Kg/cm ²)
0,20	5	0,855	31,57	36,94	1,58	1,85
0,40	12	0,851	75,42	88,65	3,77	4,43
0,60	20	0,797	117,76	147,75	5,89	7,39
0,80	18	0,793	95,66	120,58	4,78	6,03
1,00	28	0,740	138,75	187,57	6,94	9,38
1,20	26	0,736	128,23	174,17	6,41	8,71
1,40	20	0,783	104,89	133,98	5,24	6,70
1,60	16	0,780	83,55	107,18	4,18	5,36
1,80	18	0,776	85,62	110,29	4,28	5,51
2,00	23	0,723	101,92	140,93	5,10	7,05
2,20	15	0,770	70,78	91,91	3,54	4,60
2,40	11	0,817	55,08	67,40	2,75	3,37
2,60	17	0,764	79,61	104,17	3,98	5,21
2,80	16	0,761	68,78	90,33	3,44	4,52
3,00	32	0,659	119,00	180,67	5,95	9,03
3,20	15	0,756	64,02	84,69	3,20	4,23
3,40	10	0,803	45,36	56,46	2,27	2,82
3,60	10	0,801	45,22	56,46	2,26	2,82
3,80	12	0,798	50,15	62,81	2,51	3,14
4,00	15	0,746	58,58	78,52	2,93	3,93
4,20	20	0,744	77,86	104,69	3,89	5,23
4,40	19	0,741	73,74	99,46	3,69	4,97
4,60	26	0,689	93,80	136,10	4,69	6,80
4,80	28	0,687	93,87	136,61	4,69	6,83
5,00	50	0,585	142,72	243,95	7,14	12,20

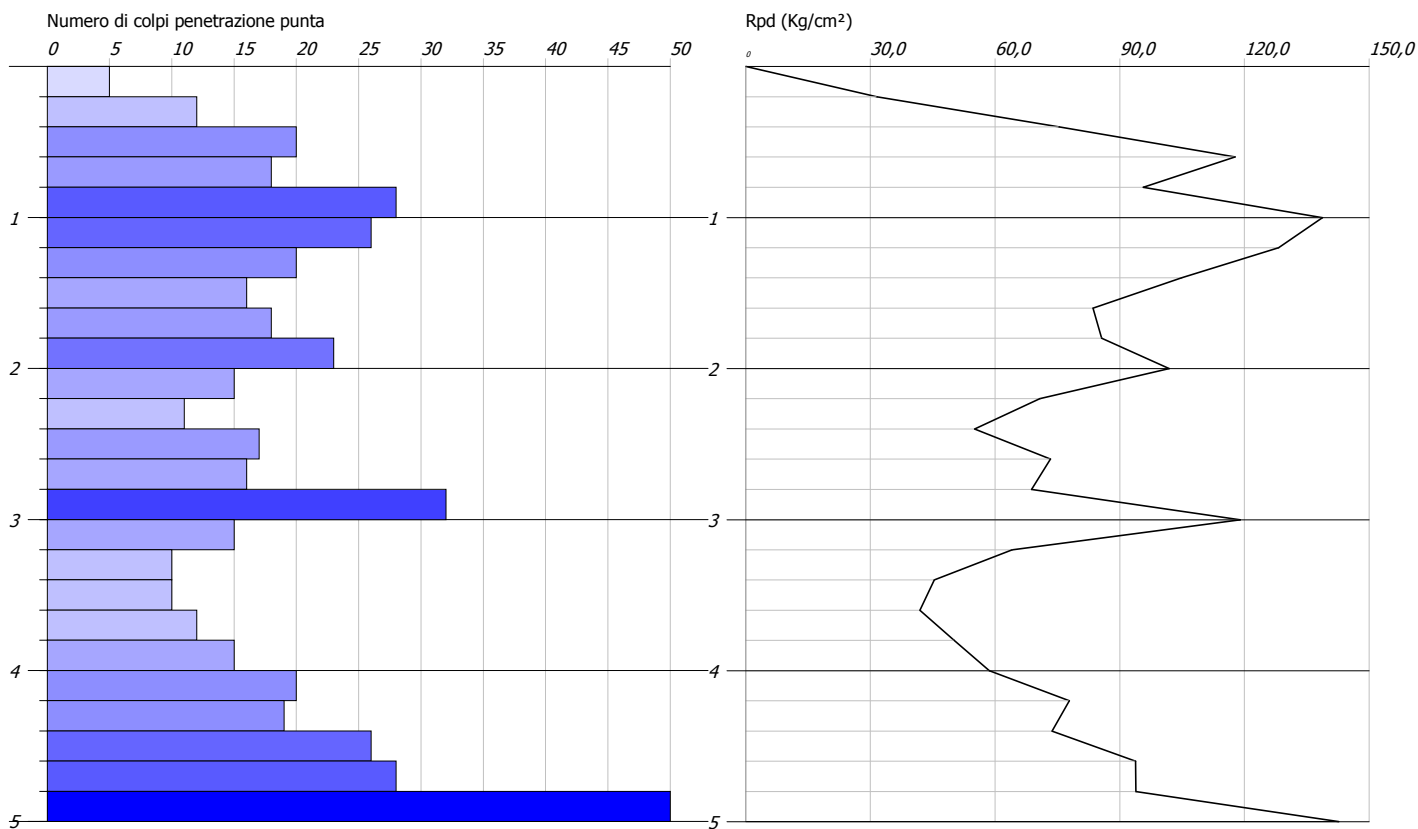
Penetrometro certificato Pagani Geotechnical Equipment

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPH TG63 100 PAGANI

Committente: CABONARGI ILVA CESARINA
 Cantiere: VARIANTE AL PRG COMUNALE
 Località: SASSATELLA DI FRASSINORO VIA I RONCHI

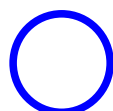
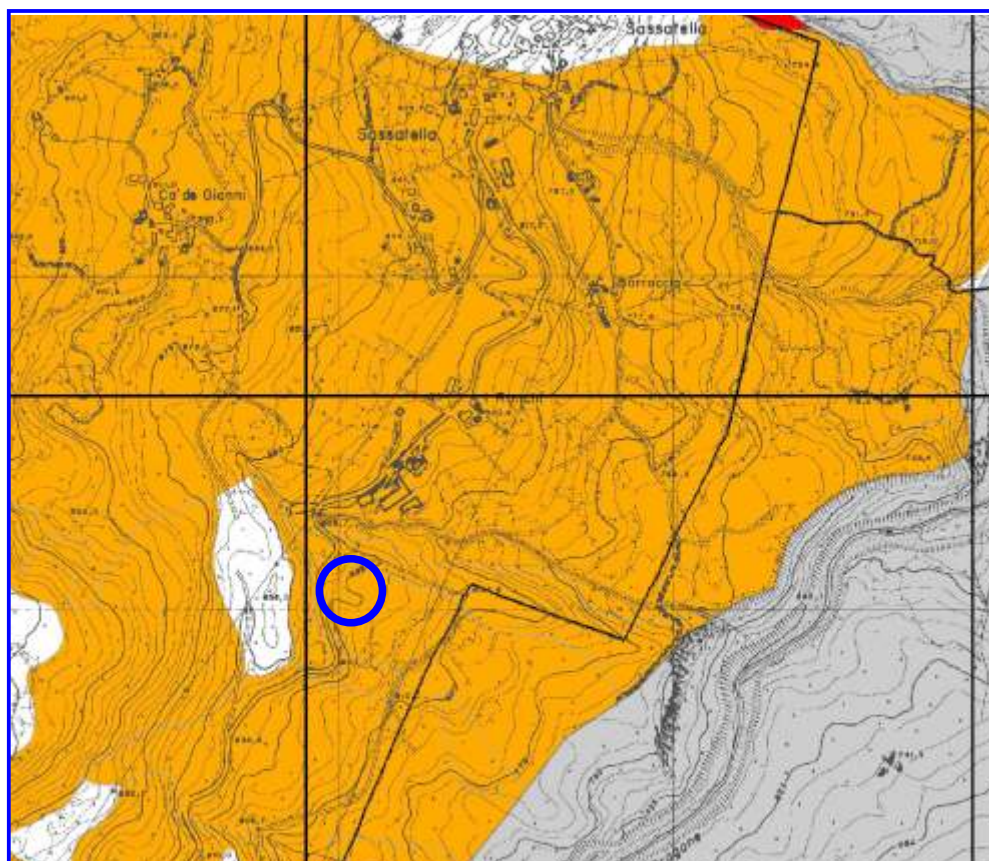
Data: 23/08/2012

Scala 1:50

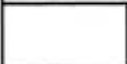
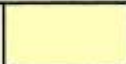
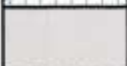


Estratto della carta del dissesto

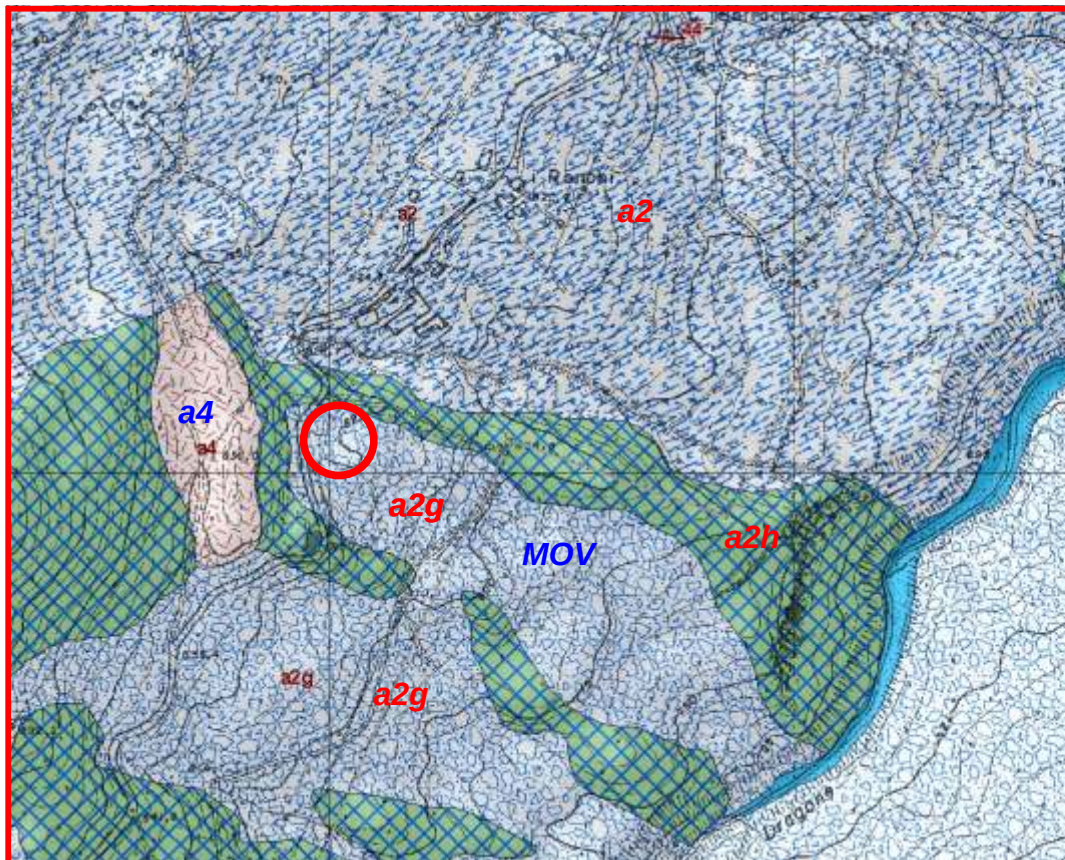
Da P.T.C.P. Provincia di Modena anno 2009



Ubicazione dell'area in oggetto

VOCI DI LEGENDA				
Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità				
			Aree interessate da frane attive	Art.26
			Aree interessate da frane quiescenti	
Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità				
			Aree potenzialmente instabili	Art.27
Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato				
	Codice scheda Elab. 4 NR	Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTPR)		Art.29
		Aree a rischio idrogeologico molto elevato		Art.29A
		Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)		Art.29B

CARTA GEOLITOLOGICA



Tratta da: Regione Emilia Romagna Carta geologica progetto CARG



20 Aspetto degli strati e loro immersione

LEGENDA

- a2** **Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato** Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o costituito da litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici.
- a2h** **Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV** Deposito costituito da masse di dimensioni più o meno rilevanti di roccia che, pur scivolando lungo una o più superfici di scorrimento traslazionale e/o rotazionale, conservano al loro interno la coerenza stratigrafica della roccia di provenienza.
- a2g** **Deposito di frana quiescente complessa**
Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.
- a4** **Deposito eluvio-colluviale** Coltre di materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità
- MOV** **Formazione di Monte Venere** Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri (Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.)



Ubicazione dell'area di interesse

<i>Domanda</i>	n. 017
<i>Richiedente</i>	Marcolini, Venturi
<i>Foglio</i>	24
<i>Mappali</i>	478 - 484
<i>Tavola PRG</i>	5.6

STUDIO GEOLOGICO PETRA

di Dott. Geol. Andrea Zanotti
Piazza Matteotti, 37 - 41121 Modena - tel./fax +3959220030 - studiopetra@libero.it
Codice fiscale ZNTNDR64E03I462U - Partita I.V.A. 02012030363

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO E RELAZIONE SISMICA

VARIANTE AL PIANO REGOLATORE DEL COMUNE DI
FRASSINORO (MO): LOTTIZZAZIONE PRIVATA “VENTURI
GIUSEPPE”, VIA GRONDE DEL MARE.


REGIONE
EMILIA – ROMAGNA


PROVINCIA DI
MODENA


COMUNE DI
FRASSINORO

RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 11/03/1988, lettere A, B, H;
- Circolare LLPP 24/10/88 n. 30483;
- R.D. n. 3267/1923 e n. 1126/1926,
- L.R. 3/1999, direttiva regionale 117/2000 (Vincolo Idrogeologico)
- PTPC Provincia di Modena;
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino del Fiume PO;
- O.P.C.M. n. 3274/2003 (classificazione sismica territorio);
- D. A. L. n. 112/2007 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”
- D. M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni).
- Circolare C.S.LL.PP. 2/2/2009 n.617.

COMMITTENTE :
SIG. VENTURI GIUSEPPE

IL TECNICO :
DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI

MODENA 30/10/2012

RELAZIONI Frassinoro –variante 2012 Venturi Giuseppe

PUNTI TRATTATI

CAP. 1	INTRODUZIONE	pag. 2
CAP. 2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pag. 3
CAP. 3	GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE	pag. 3
CAP. 4	CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE	pag. 6
CAP. 5	STRATIGRAFIA PARAMETRI GEOTECNICI	pag. 7
CAP. 6	RELAZIONE SISMICA	pag. 10
CAP. 7	CONCLUSIONI	pag. 15
	ALLEGATI	pag. 17

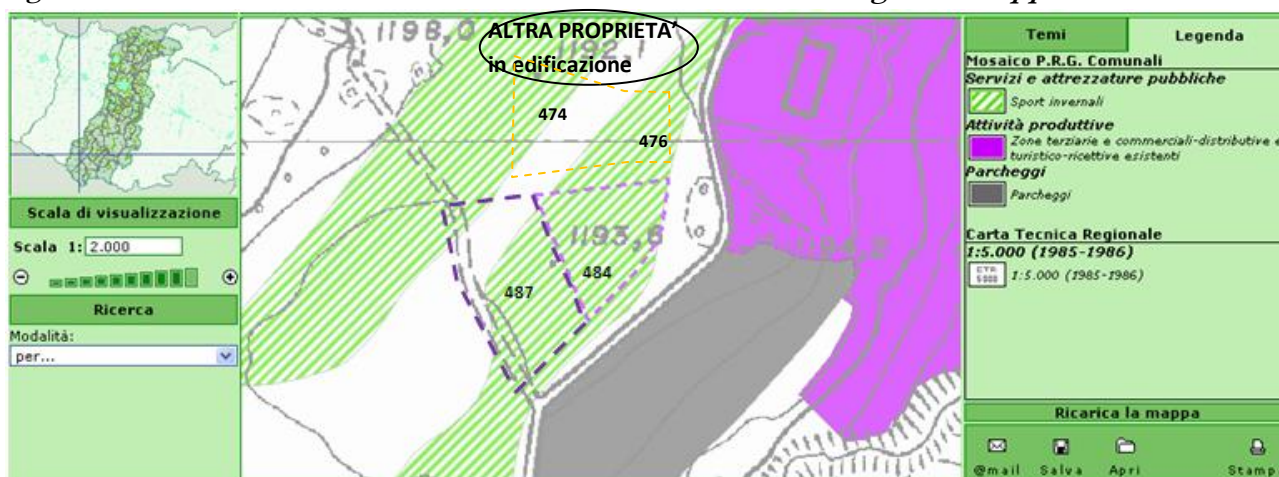
Cap. 1 INTRODUZIONE

Su incarico della committenza, è stata eseguita la presente relazione con lo scopo di verificare le caratteristiche generali litostratigrafiche, geomeccaniche e sismiche di un'area del comune di Frassinoro, in relazione ad una richiesta di variante al Piano Regolatore comunale, per un lotto di terreno ubicato in Via Gronde del Mare, ad una quota media di circa 1193 m /s l m.

E' intenzione del Sig. Venturi estendere la zona ad uso residenziale nella porzione di terreno identificata al catasto al Fig. 24 mappali 487, 484 (si veda Fig. 1 e Foto 1).

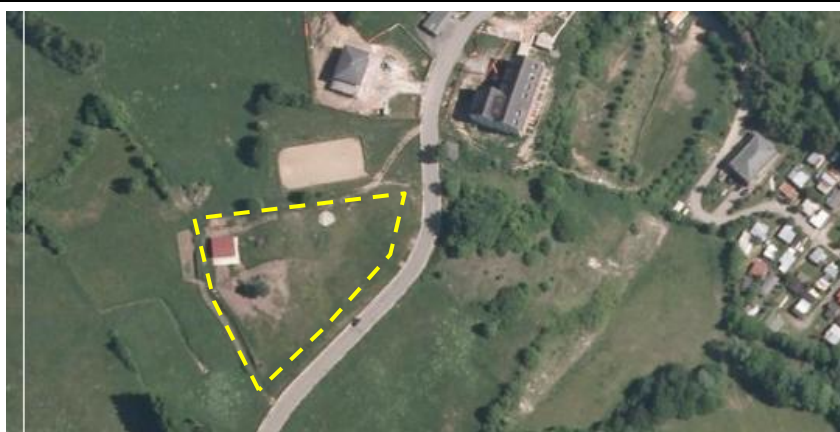
Il sito esaminato è prossimo ad un lotto in cui si è appena costruita un'abitazione monofamiliare (mappali 470, 472), e confinante con un terreno (mappali 474, 476) in cui è stata richiesta Variante analoga a quella in oggetto. Il diritto di edificabilità sui mappali 470 e 472 era stato ottenuto nella Variante PRG 2002, che non compare ancora sul Data Base Provinciale di Fig. 1.

Fig.1 - ZONIZZAZIONE PRG FRASSINORO. Rif. Catasto: Foglio 24 mappali 487 – 484



Estratto da SISTEMONET, Mosaico P.R.G. comunali 2002 (scala di visualizzazione ridotta del 50%)

Foto 1 (ortofoto AGEA 2011) - lotto in cui è richiesta la Variante PRG



Cap. 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

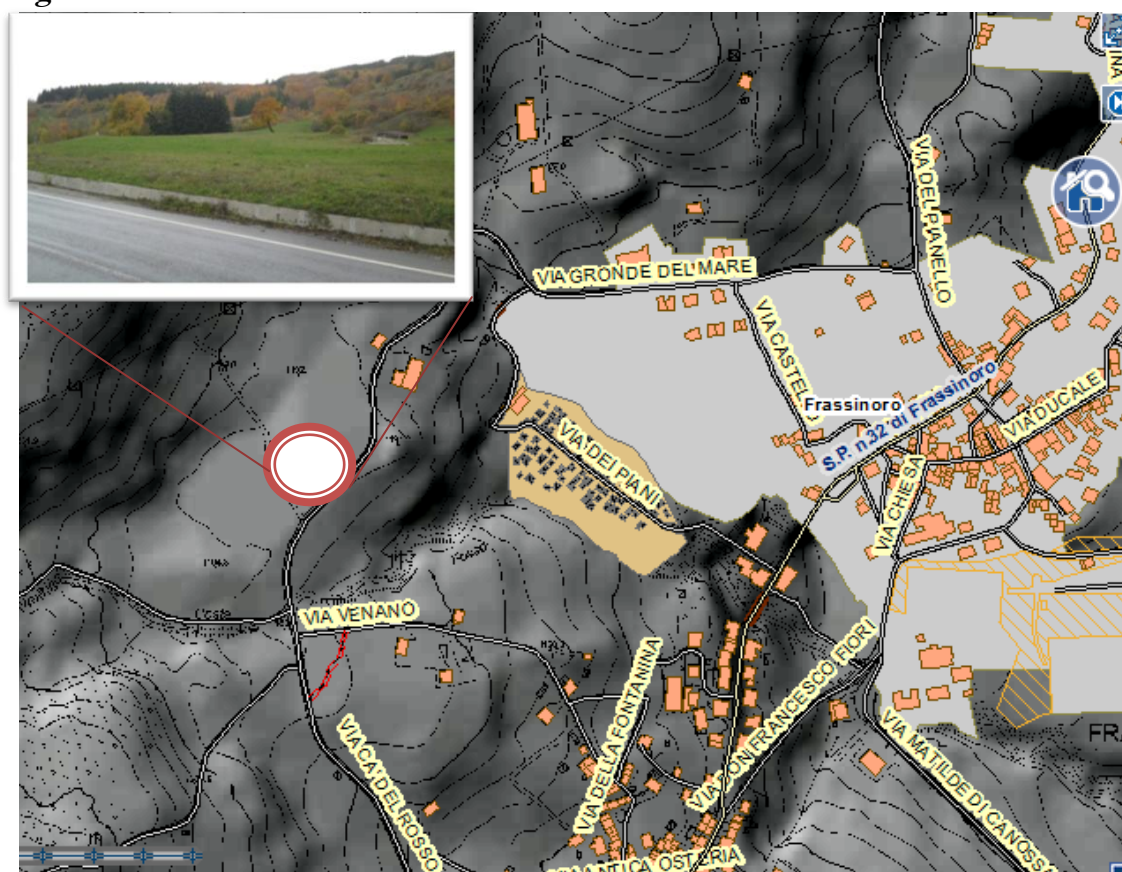
L'area studiata si trova immediatamente a monte dell'abitato di Frassinoro, in una località nota come "Lago Murato", al confine con una zona Turistico Ricettiva; essa è rintracciabile sui seguenti documenti topografici:

Cartografia C.T.R.: Foglio 1:25.000 235 SE Pievepelago; Sezione 1:10.000 - 235110 Frassinoro.

Cartografia I.G.M.: Foglio 1:100.000 n. 97 S. Marcello Pistoiese; Tavoleta 1:25.000 IV NO Frassinoro.

Cartografia CATASTALE: Foglio 24; Mappali 487 - 484.

Fig.2 – LOCALIZZAZIONE SITO



Estratto da GEOWIEWER, (scala 1: 5000)

Cap. 3 GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE

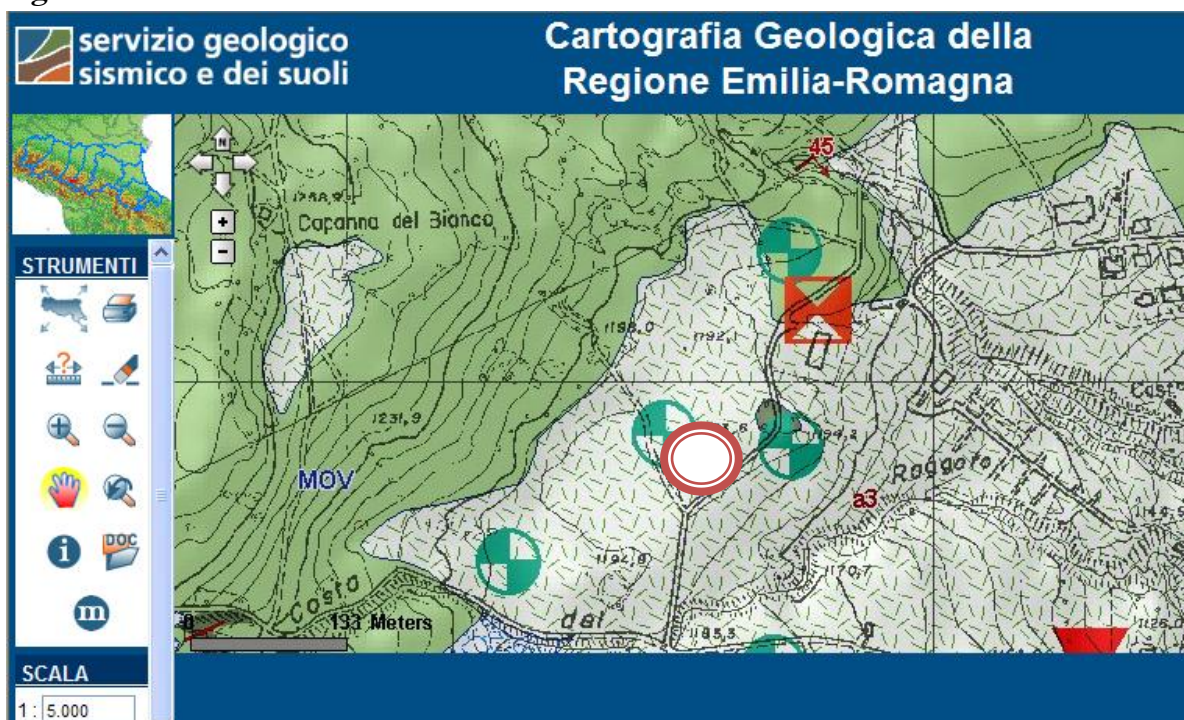
3.1- Carta geologica Regione Emilia Romagna

Dal punto di vista geologico, nella zona affiorano terreni appartenenti al **dominio Ligure**. Nello specifico dell'area di variante sono presenti **terreni quaternari detritici (a3)** derivati dal disfacimento della **Formazione di Monte Venere (MOV)**.

Questa è costituita da ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P > 1/3$.

Fig.3 – CARTOGRAFIA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5.000



LEGENDA

Prove lineari

- prova MASW

Prove puntuali

- carotaggio continuo
- misure di microtremore a stazione singola (HVSR)
- prova dinamica con penetrom. superpesante (DPSH)

Coperture quaternarie (10K)

- a3 - Deposito di versante s.l.

Unità geologiche (10K)

- MOV - Formazione di Monte Venere

3.2- Geologia rilevata

Il centro abitato di Frassinoro è posto alla quota di 1131 m e riposa sopra una serie di grandi ripiani, rappresentati da ammassi rocciosi raccordati tra loro; questi ultimi sono costituiti da un flysch calcareo (assimilabile al Flysch di M. Venere, MOV – creta sup.) che affiora con continuità dal fondovalle fino alla zona di crinale. Si tratta di torbiditi calcareo marnose di colore grigio (nocciola se alterate) cui seguono marne ed argille chiare nella porzione superiore degli strati. A luoghi si intercalano potenti pacchi costituiti da strati arenaceo – calcarei ed argille nerastre in strati da sottili a medi. Lo spessore degli strati litoidi varia dai 20 cm ai 2 metri; leggermente superiore è lo spessore delle porzioni marnose. Nelle vicinanze del sito tale unità si presenta in giacitura normale con inclinazione media di circa 40°.

Dal punto di vista morfologico l'intero versante appare caratterizzato da una struttura a Gradoni, dove i grandi ripiani rocciosi su cui è insediato l'abitato sono tra loro raccordati tramite versanti decisamente più acclivi.

3.3 - Dettaglio del Sito

L'area oggetto di studio si trova, in posizione pianeggiante in **condizioni di stabilità**. Dal punto di vista stratigrafico il substrato roccioso è ricoperto da una coltre di terreno detritico, costituito dal disfacimento naturale della formazione fliscioide e da depositi colluviali.

3.4 - Idrogeologia

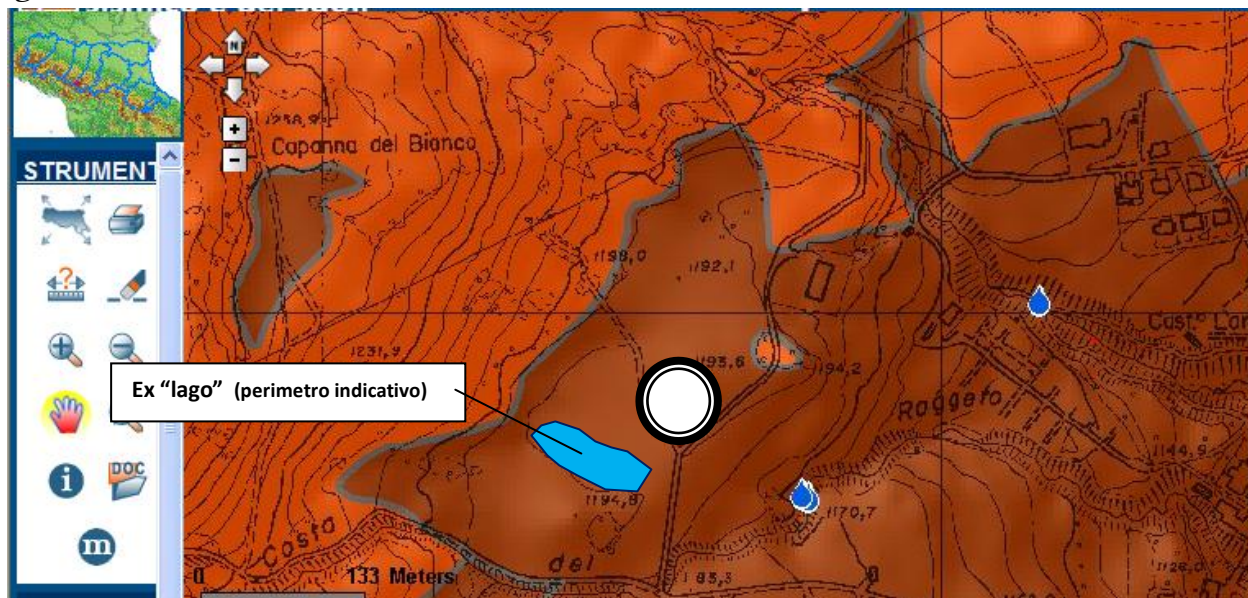
I terreni affioranti presso il sito sono definiti come *Coperture detritiche di versante, associate ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'*, ovvero un substrato in cui, pur non essendo presente una falda, possono esservi movimenti stagionali di acqua, in relazione alla piovosità.

Nei sondaggi svolti nei dintorni del sito riportati sulla cartografia geologica regionale (marzo 2008), si rileva la presenza di acqua a partire da 3,6 m, mentre in quelli eseguiti dallo scrivente in stagione estiva non è stata evidenziata presenza di falda.

Forse è interessante sapere che il toponimo "*Lago Murato*" deriva dalla presenza di un antico ristagno d'acqua (oggi drenato) che si collocava nella depressione posta a circa 100 m dal Sito. A memoria dello scrivente in tale area sono stati eseguiti in passato (anni '80) parecchi sondaggi con la speranza di individuare una falda da sfruttare, ma senza esito.

Fig.4 – CARTOGRAFIA SORGENTI E ACQUIFERI REGIONALE

Scala 1:5.000



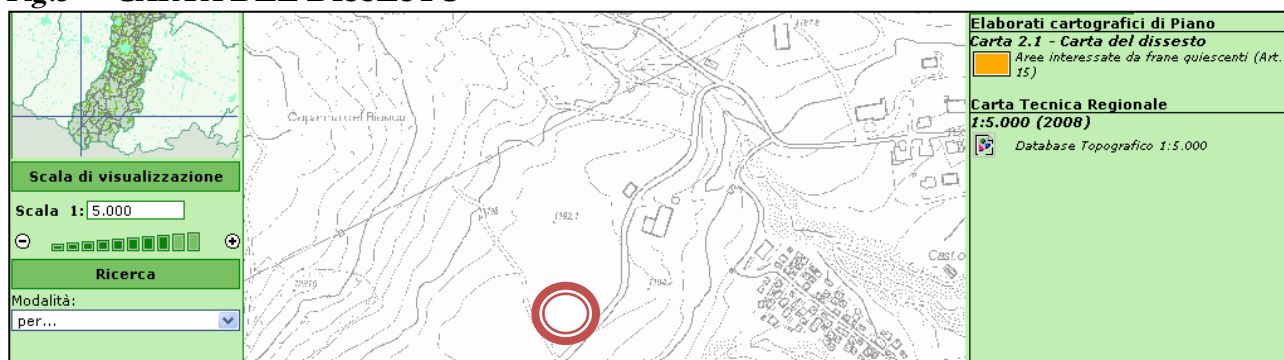
LEGENDA

	Sorgenti
Coperture di versante, su ammassi rocciosi	
	cop1a - Coperture detritiche di versante, associate ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'
Ammassi rocciosi	
	ar1 - Ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'

Cap. 4 CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE

4.1 – PTCP, Carta del Rischio da Frana

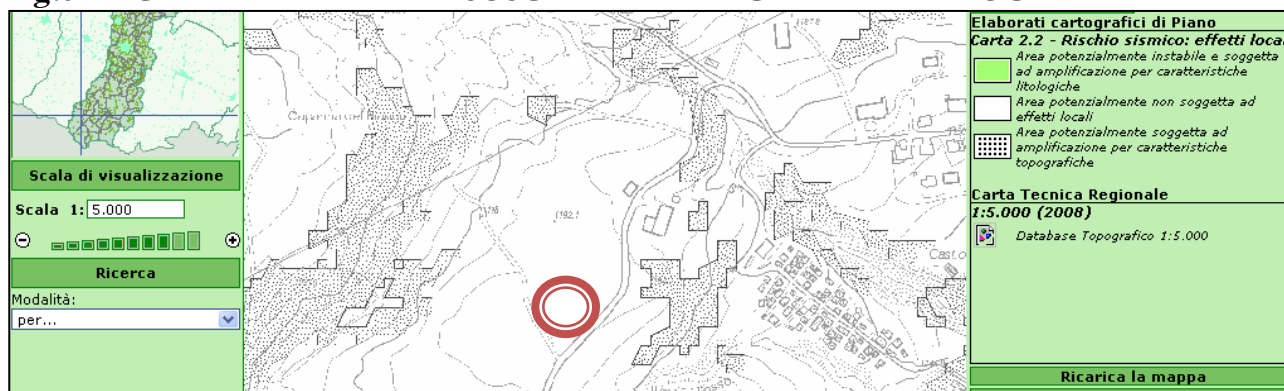
Fig.5 – CARTA DEL DISSESTO



L'area **non è interessata** da alcun tipo di dissesto e quindi non risulta soggetta alle limitazioni dell'art. 15.

4.2 – PTCP, Rischio Sismico

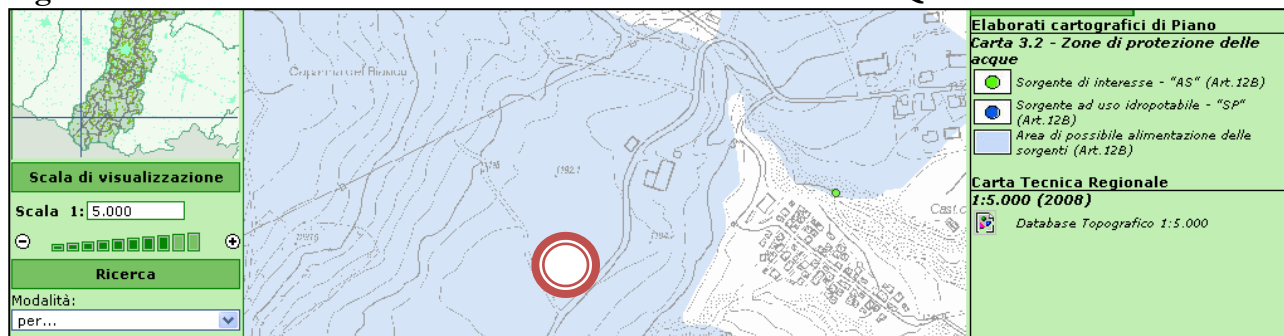
Fig.6 – CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DEGLI EFFETTI LOCALI



Il lotto esaminato ricade in una zona classificata come “**Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali**”, la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico viene descritta nel capitolo 6.

4.3 – PTCP, Protezione delle acque

Fig.7 – CARTA DELLE ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE



Il sito ricade in un'area di possibile alimentazione delle sorgenti ed è pertanto soggetta alle limitazioni dell'art. 12B, che non preclude la Variante al PRG richiesta.

Cap. 5 - STRATIGRAFIA, PARAMETRI GEOTECNICI

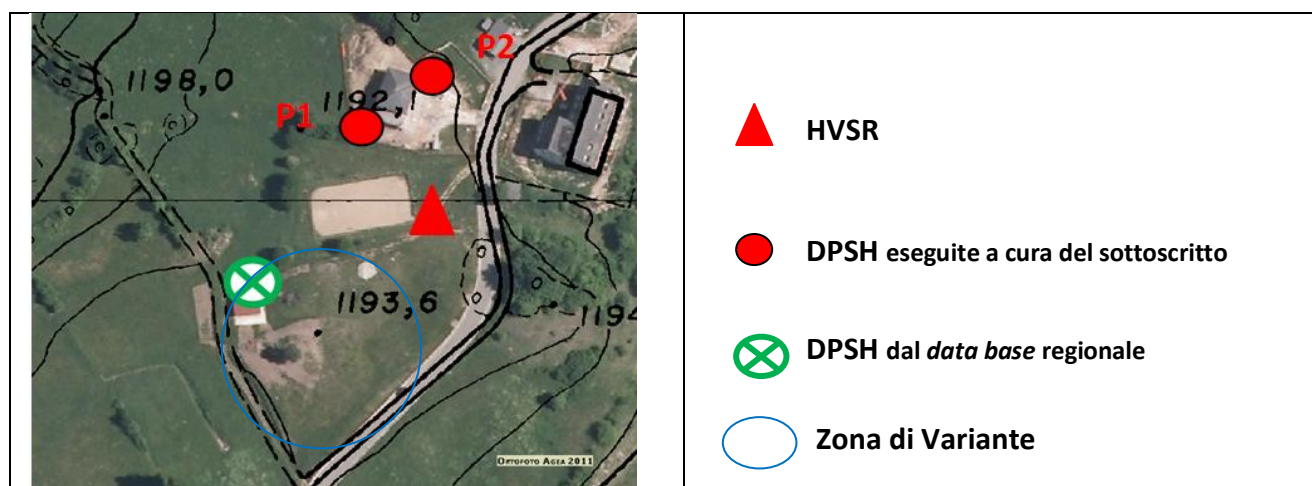
La stratigrafia del sito è stata delineata facendo riferimento al 2 prove penetrometriche DPSH realizzate dallo scrivente sul lotto limitrofo, in cui è stata recentemente edificata un'abitazione monofamiliare (mappali 470, 472). In particolare si è considerata la prova più vicina, denominata P1, che presenta buona coerenza sia con una prospezione sismica HVSR eseguita sul lotto adiacente in data 25/08/2012 sia con una prova DPSH reperita sulla carta geologica regionale ed eseguita proprio sullo spigolo Nord – Ovest del sito (riportata in relazione).

L'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche evidenzia la presenza di un primo strato detritico grossolano, costituito da inclusi litoidi eterometrici (anche “ciclopici” negli scavi del cantiere adiacente) inglobati in una matrice bruna di tipo coesivo, fino alla profondità di circa 5 m, oltre la quale il penetrometro è andato a rifiuto (5,6 m la DPSH da bibliografia).

La prospezione sismica conferma la presenza di terreno alterato con buone caratteristiche meccaniche a partire da 1,5 m dal p.c. (orizzonte fliscioide alterato) seguito da strati “compatti” a partire da 9,5 m di profondità.

FIG. 8 UBICAZIONE SONDAGGI

scala 1:2.000



Di seguito vengono mostrati i grafici delle prove DPSH, mentre le tabelle corrispondenti sono riportate in ALLEGATO:

GRAFICO PROVA P2

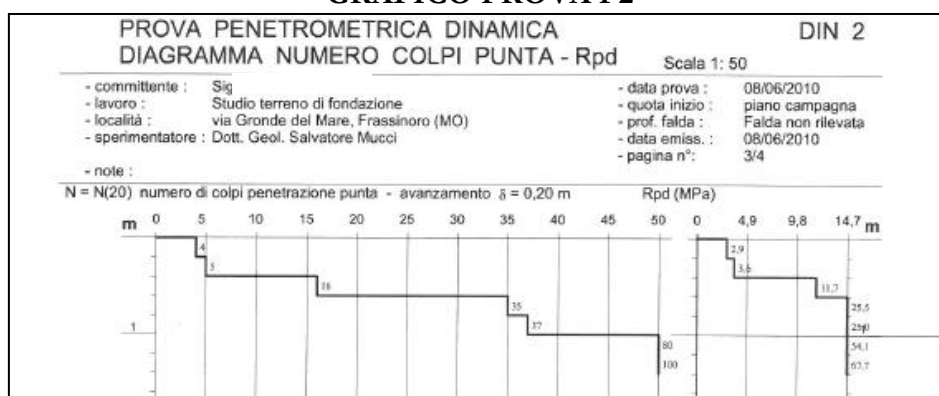


GRAFICO PROVA P1

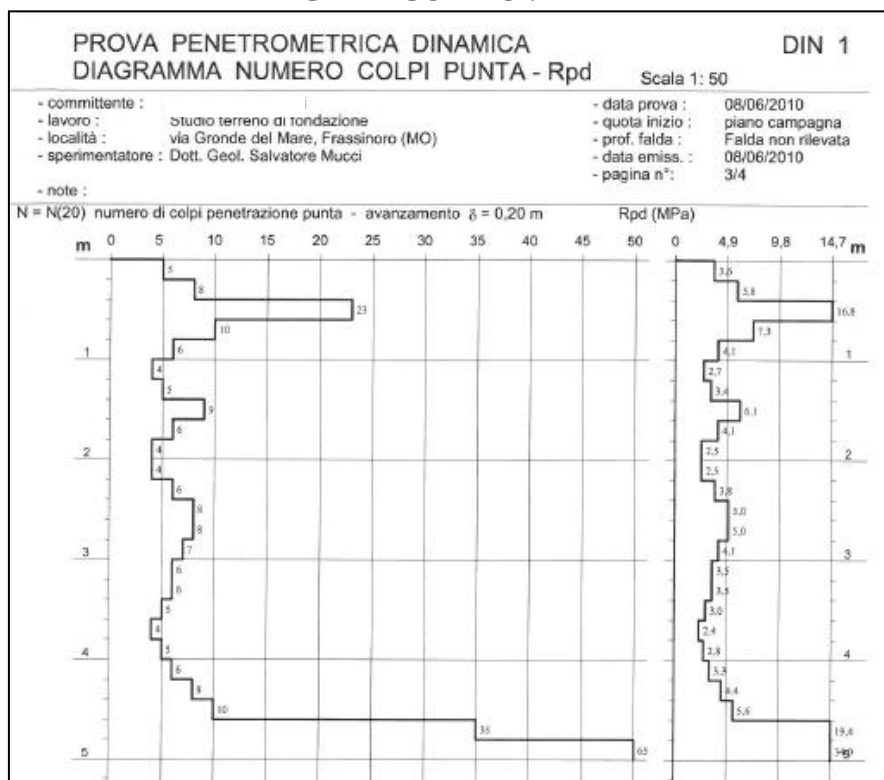
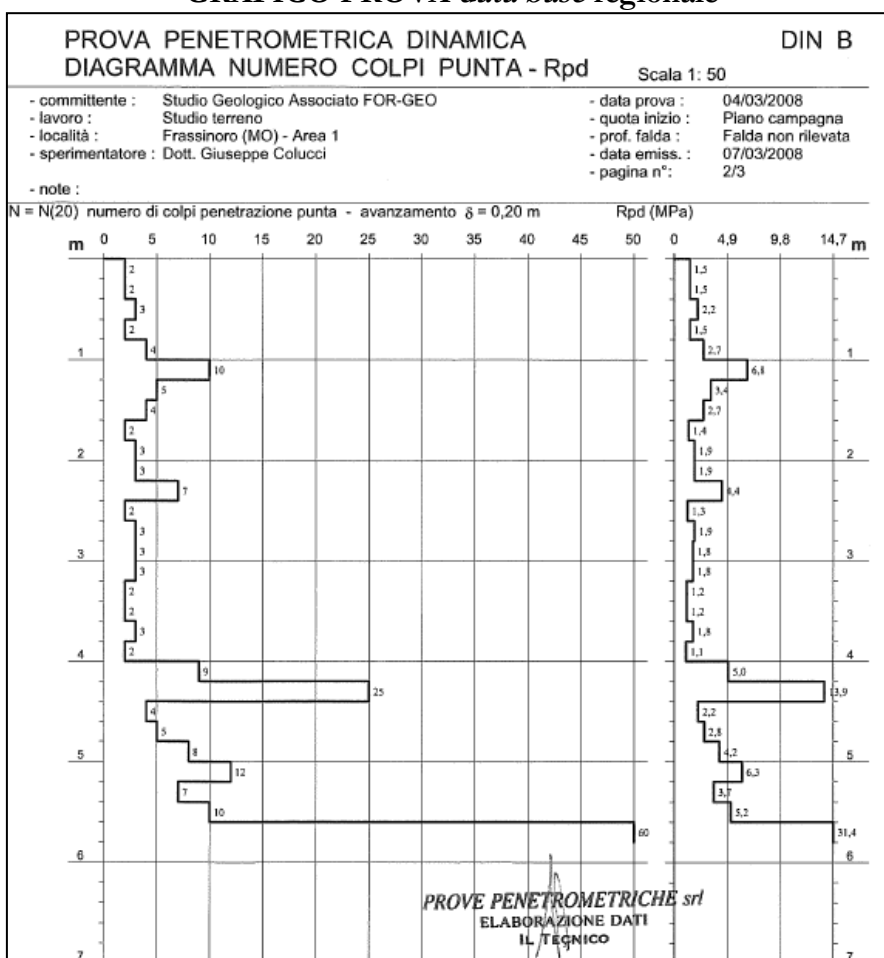


GRAFICO PROVA data base regionale



PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO INVESTIGATO

L'elaborazione della prova penetrometrica P1 ha permesso la ricostruzione dei seguenti parametri geotecnici:

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

COMUNE: FRASSINORO						DATA: 08/06/2010					
NOME FILE FERRARI1						PENETROMETRO DPSH					
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ_v' [kN/m ²]	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
0.6	12.0	26.4	33.3	18744	150	177	15840	306	7.6	8938	358
2.2	6.0	13.2	28.9	9372	188	88	7920	161	28.5	4164	167
3.6	6.6	14.5	29.7	10265	371	97	8674	185	57.0	4088	164
4.6	5.8	12.7	28.7	8982	459	85	7590	171	77.9	3292	132

H = Profondità del letto dello strato elementare
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)
 $\phi^o = N_{spt} < 30 \quad (15 \cdot N_{spt})^5 + 15; N_{spt} > 30 \quad -0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26$. (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)
Mo = $710 \cdot N_{spt}$ [Modulo Confinato] [kN/m²] (Farrent)
Qa₁ = $(h \cdot \gamma' \cdot N_q) / 3$ [kN/m²] (Carico ammissibile - Terzaghi semplificata)
Ed = $600 \cdot N_{spt}$ [Modulo Edometrico] [kN/m²] (Stroud & Butler)
Cu = $6.7 \cdot N_{spt}$ [kN/m²] (Terzaghi)
Qa₂ = $(Cu \cdot N_c) / 3$ [kN/m²] (Carico ammissibile - Terzaghi semplificato)
Rdp = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$ [kN/m²] (Formula degli Olandesi)
Qa₃ = $Rdp / 15 + 30$; Rdp / 20 [kN/m²] (Carico ammissibile, Sanglerat)

PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO (fondaz. Superficiali)

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	Cum [kN/m ²]	dev stand	Cuk [kN/m ²]	Cud [kN/m ²]
0.6	12.0	26.4	3	33.3	6.7	31.7	26.3	177	142.1	139	99
2.2	6.0	13.2	8	28.9	2.6	27.0	22.2	88	34.3	64	46
3.6	6.6	14.5	7	29.7	1.3	28.7	23.6	97	16.7	84	60
4.6	5.8	12.7	4	28.7	2.0	27.5	22.6	85	25.2	69	49

LEGENDA

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato
 ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato
 ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)
 ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]
Cum = Dato medio della coesione non drenata
Cuk = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)
Cud = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

(continua PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO)

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	MOm [kN/m ²]	dev stand	MOk [kN/m ²]	MOd [kN/m ²]	Edm [kN/m ²]	dev stand	Edk [kN/m ²]	Ed _d [kN/m ²]
0.6	12.0	26.4	3.0	18744	15063	14758	14758	15840	12730	12471	12471
2.2	6.0	13.2	8.0	9372	3639	6766	6766	7920	3076	5718	5718
3.6	6.6	14.5	7.0	10265	1771	8860	8860	8674	1497	7487	7487
4.6	5.8	12.7	4.0	8982	2668	7305	7305	7590	2254	6173	6173

LEGENDA

Num= Numero dei dati presi in considerazione per ogni strato
MOm= Media del Modulo Confinato
MOk= Valore Caratteristico del Modulo Confinato (5° percentile di distribuzione della media)
MOd= Valore di Progetto del Modulo Confinato
Edm= Media del Modulo Edometrico
Edk= Valore Caratteristico del Modulo Edometrico (5° percentile di distribuzione della media)
Ed_d= Valore di Progetto del Modulo Edometrico

Cap. 6 - RELAZIONE SISMICA

In seguito alla classificazione sismica proposta dall'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ed al D. M. 14/01/2008 recante *norme tecniche per le costruzioni*, **il Comune di Frassinoro ricade in zona 2.**

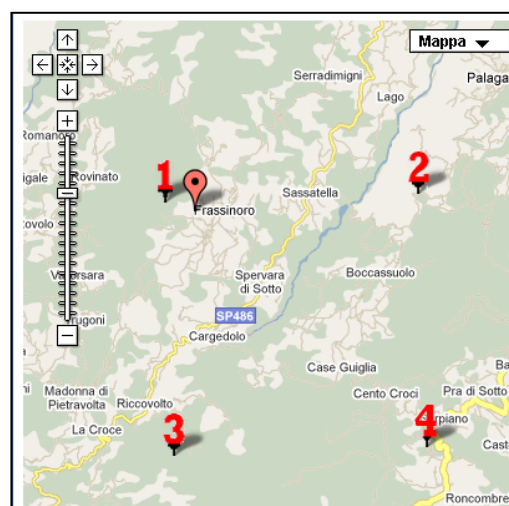
Decreti fino al 1984	GdL 1988	Classificazione 2003
sismicità alta, S = 12	prima categoria	Zona 1
sismicità media, S = 9	seconda categoria	Zona 2
sismicità bassa, S = 6	terza categoria	Zona 3

6.1 Pericolosità sismica di base del sito

coord. WGS84 latitudine: 44,295793 [°]
longitudine: 10,564151 [°]

Secondo il D.M. 14/01/2008 il calcolo dell'azione sismica dipende innanzitutto dalla posizione geografica del sito. La normativa fornisce per **10751** punti del *reticolo di riferimento* 9 valori del periodo di ritorno TR (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni).

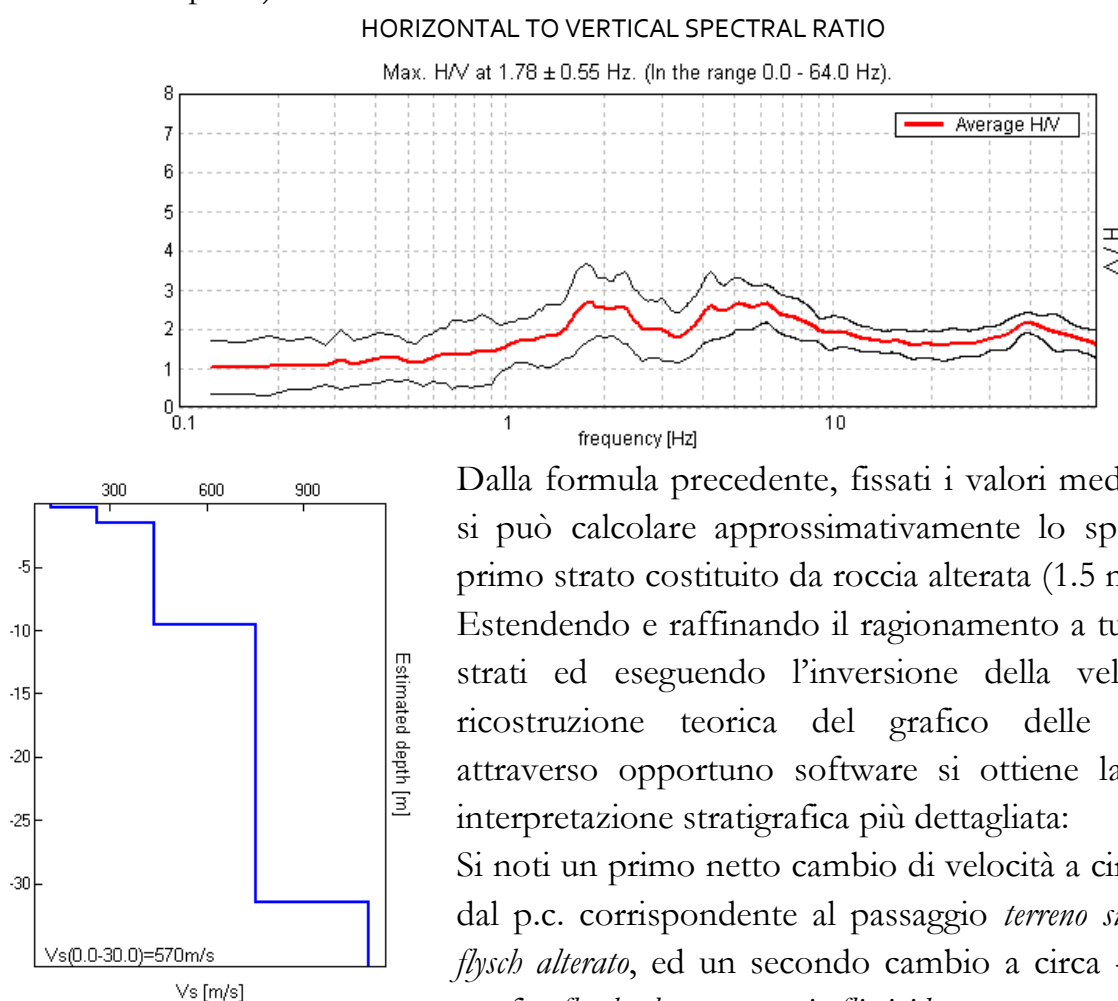
Introducendo le coordinate geografiche esatte dell'intervento si ottengono i parametri sismici di base dell'area (a_g , F_o , T_c) e gli spettri di risposta elastici di base per i periodi TR di riferimento.



Questi ultimi non tengono conto degli effetti determinati dall’*“amplificazione sismica locale”* e dal tipo di *“prestazioni”* previste per l’edificio in progetto, che vengono pertanto dimensionati nei paragrafi successivi.

6.2 Amplificazione stratigrafica

Ai sensi della normativa vigente la classificazione del suolo avviene in base alla velocità delle onde S nel terreno, entro i primi 30 m di profondità dal p.c. Per determinare tale valore (denominato **Vs 30**), in data 24/08/2012, è stata eseguita, presso il lotto adiacente al sito, una prospezione sismica mediante sismografo a stazione singola della Micromed (tromino Engy). La misura si basa sulla registrazione dei microtremori tramite i rapporti spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali e verticali del moto (Noghoishi e Igarashi 1970). La frequenza fondamentale di risonanza (Fr) dello strato relativa alle onde S è pari a: $Fr = Vs / (4 \cdot h)$. Dal grafico che segue si possono osservare dei picchi che corrispondono agli strati di terreno identificati (strato alterato, strato a media densità, e substrato compatto).



Dalla formula precedente, fissati i valori medi della Vs, si può calcolare approssimativamente lo spessore del primo strato costituito da roccia alterata (1.5 m)

Estendendo e raffinando il ragionamento a tutti gli altri strati ed eseguendo l’inversione della velocità con ricostruzione teorica del grafico delle frequenze attraverso opportuno software si ottiene la seguente interpretazione stratigrafica più dettagliata:

Si noti un primo netto cambio di velocità a circa –1,5 m dal p.c. corrispondente al passaggio *terreno superficiale – flysch alterato*, ed un secondo cambio a circa –10 m dal p.c. fra *flysch alterato - roccia fliscioide compatta* con Vs = 750 m/s.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.30	0.30	120
1.50	1.20	260
9.50	8.00	440
31.50	22.00	750
inf.	inf.	1100

In conclusione, dall'analisi delle Vs30 misurate con il sismografo, si ottiene un suolo con:

$$Vs30 = 570 \text{ m/s.}$$

Determinata la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio (V_{s30}), ai sensi della normativa vigente si classifica il terreno di fondazione dell'intervento in progetto appartenente alla categoria B:

categoria "B" Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con $360\text{m/s} < V_{s30} < 800\text{m/s}$ (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ o coesione non drenata $c_u > 250 \text{ Kpa}$).

Dove il coefficiente di amplificazione stratigrafica vale: $S_s = 1.2$

6.3 Amplificazione topografica

Dal punto di vista topografico il terreno rientra nella:

classe T1

T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

dove il coefficiente di amplificazione topografica vale: $S_t = 1.0$

6.4 Strategia di progettazione

La **vita nominale** di un'opera strutturale **VN** è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 **classi d'uso**, alle quali vengono associati i seguenti **coefficienti d'uso CU** :

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE CU	0.7	1.0	1.5	2.0

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un **periodo di riferimento VR** che si ricava, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:
 $VR = VN \times CU$

Ipotizzando la realizzazione di un nuovo manufatto ad uso abitazione civile, sono quindi attese le seguenti prestazioni:

vita nominale $VN = 50$ anni (opere ordinarie),
 classe d'uso = II , (normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente)
 coefficiente d'uso $cu = 1$,
vita di riferimento $VR = VN \times CU = 50 \times 1 = 50$ anni

6.5 Azione sismica di progetto

Combinando l'azione sismica di base (determinata dalla posizione geografica del sito) con gli effetti di amplificazione locale e le prestazioni attese dalla costruzione, si calcolano i parametri a_g , F_o , T_c , da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE** di **Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU** di **Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, come previsto dalla normativa vigente.

STATO LIMITE	Prob. Superamento (%)	T_R (anni)	A_g (g)	F_o (-)	T_c (s)
SLO operatività	81	30	0.060	2,472	0,249
SLD danno	63	50	0.076	2,450	0,260
SLV vita	10	475	0.176	2,492	0,291
SLC collasso	5	975	0.222	2,482	0,304

a_g è l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale. F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2. T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

Nella sottostante tabella si riassumono i principali **Coefficienti sismici**:

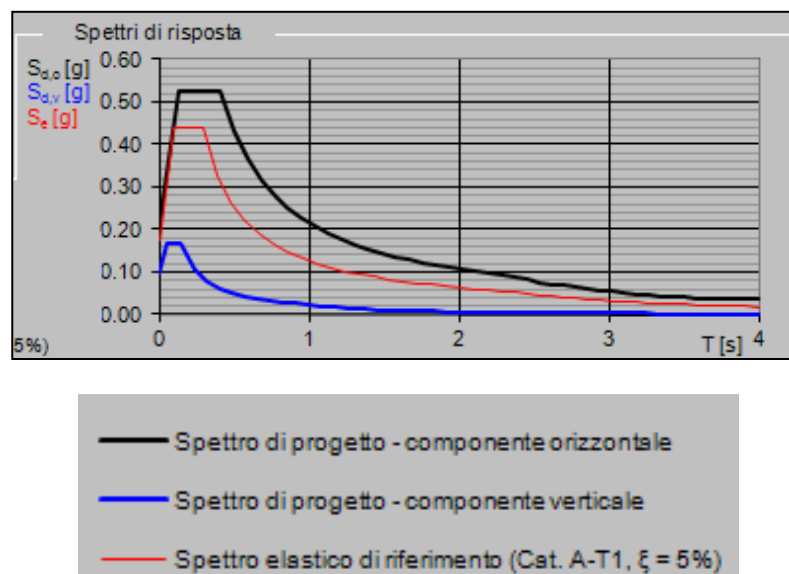
	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	$Beta$ [-]
SLO	1,200	1,450	1,000	0,013	0,006	0,702	0,180
SLD	1,200	1,440	1,000	0,016	0,008	0,889	0,180
SLV	1,200	1,410	1,000	0,051	0,025	2,075	0,240
SLC	1,180	1,400	1,000	0,081	0,041	2,571	0,310

S_s = amplificazione stratigrafica, C_c = coefficiente che modifica il valore del periodo T_C , K_h = coefficiente sismo orizzontale, K_v = coefficiente sismo verticale, S_t = amplificazione topografica, A_{max} = accelerazione massima in superficie

Ne risultano i seguenti **spettri di progetto ed elastici** :

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR .

Stato limite SLV



Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_t \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$\begin{aligned} 0 \leq T < T_B & \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\ T_B \leq T < T_c & \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\ T_c \leq T < T_D & \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right) \\ T_D \leq T & \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c T_D}{T^2} \right) \end{aligned}$$

6.6 Accelerazione massima in superficie

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima ($a_{\max}$) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di $a_{\max}$ può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s ed S_t sono rispettivamente i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica. In questo caso riferendoci allo stato limite SLV si ottiene:

$$a_{\max} = 1.2 \times 1 \times 0.177 \times g = 2,075 \text{ m/s}^2$$

6.7 Verifica a liquefazione

Le indagini svolte hanno escluso la presenza di orizzonti liquefacibili.

6.8 calcolo dei Fattori di Amplificazione (F.A.) sismica al suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura si ottiene con la seguente formula:

$$V_{s_{MEDIA}} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}} = 335 \text{ m/s}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura
h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo
V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo

Tenendo conto delle prove penetrometriche e sismiche realizzate sul sito si determina lo spessore dello strato di copertura a 9.5 m.

Attraverso il dato ottenuto, con l'ausilio delle tabelle allegate alla deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna si determinano i fattori di amplificazione per le caratteristiche litologiche, che valgono:

F.A. P.G.A. (Picco Accelerazione Gravitazionale) = 1.8

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_o < 0.5s$ = 1.7

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_o < 1.0s$ = 1.4

Cap. 7 CONCLUSIONI

La presente relazione tratta dell'analisi di fattibilità di una variante del Piano Regolatore di Frassinoro (MO), per un lotto di terreno ubicato a monte del capoluogo in via Gronde del Mare.

I dati relativi ai caratteri geologici, geotecnici e sismici del sito sono stati confrontati con le prescrizioni contenute nelle leggi e negli strumenti di pianificazione vigenti.

Si è rilevato che il sito è ubicato al margine occidentale del capoluogo e si trova sopra un ripiano costituito da detrito di versante grossolano (a3) dotato di buone caratteristiche meccaniche, che ricopre i terreni della Formazione di Montevenere (MOV).

Il sito si trova in **condizioni di stabilità e non interferisce con acque di falda e/o superficiali**.

Dal confronto con il P.T.C.P. della Provincia di Modena si è riscontrato che la variante proposta **non interferisce** con le limitazioni d'uso del suolo previste dalle norme di Piano (si veda cap. 4).

La stratigrafia è stata ricostruita con l'ausilio di 2 prova penetrometriche DPSH realizzate dallo scrivente a pochi metri di distanza dal lotto in esame, che sono coerenti con una prospezione sismica HVSR eseguita sul sito e con le prove penetrometriche DPSH riportate sulla carta geologica regionale nei dintorni dell'area studiata in identico contesto geologico (si veda Cap. 5).

I dati ottenuti evidenziano la presenza di un primo strato, profondo fino a circa 10 m, costituito da materiale alterato costituito prevalentemente da trovanti litoidi eterometrici inglobati da una matrice bruna coesiva, che mostra discrete caratteristiche meccaniche, Tale orizzonte è seguito da terreno roccioso in posto.

Dal punto di vista sismico ne sono emersi i seguenti parametri (si veda cap. 6):

D. M. 14/01/2008

- cat. terreno di fondazione:	Cat. "B" ($V_{s30}=570$ m/s)
- coefficiente di amplificazione stratigrafica per SLV	$S_s = 1,2$
- classe topografica T1, coefficiente di amplificazione topografica,	$S_t = 1,0$
- accelerazione max in superficie per SLV	$a_{max} = 2,075$ m/s ²

Deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna

- velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura: $V_s \text{ media} = 335 \text{ m/s}$
- fattori di amplificazione:

F.A. P.G.A. = 2,3

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_o < 0.5s = 2,2$

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_o < 1.0s = 1,6$

i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima), F_o (fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima), T_c (periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro) e gli **spettri elastici di progetto**, da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE** di **Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU** di **Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, sono stati dimensionati ipotizzando la realizzazione di un manufatto con CU (classe d'uso) = II e VN (Vita Nominale) = 50 anni. La loro quantificazione dovrà ovviamente essere rivista in fase esecutiva in rapporto alle effettive prestazioni del manufatto.

In conclusione, l'area osservata si trova in condizione di **stabilità** e la realizzazione di eventuali interventi edilizi non produrrà variazioni degli equilibri esistenti.

Per la definizione del tipo di fondazioni da adottare e relativi carichi applicati, si attende un progetto esecutivo che **andrà corredato da specifica campagna geognostica**.

Considerata la non interferenza con acque superficiali e con altre limitazioni di carattere legislativo, **si ritiene verificata la fattibilità geologica, geotecnica e sismica della richiesta variante al Piano Regolatore di Frassinoro (MO)**, relativamente al lotto esaminato.

DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI
ISCRITTO ALL'ORDINE REGIONALE DEI
GEOLOGI CON IL NUMERO 558

Si rilascia l'assenso per l'uso di tale relazione da parte del Comune per scopi di tipo pianificatorio.

ALLEGATI

• Prove penetrometriche DPM

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

PAGANI TG 63-100

M	63.5	Kg	Peso massa battente
H	75	cm	Altezza di caduta
A	50.5	cmq	Diametro della punta conica
α	90	°	Angolo apertura Punta
La	100	cm	Lunghezza asta
Ma	30	Kg	Massa sistema di battuta
d	20	cm	Passo di avanzamento

TABELLA PROVA PENETROMETRICA DPSH **P1**

COMMITTENTE:						LOCALITA' : FRASSINORO						
COMUNE: FRASSINORO						DATA: 08/06/2010						
NOME FILE FERRARI1						PENETROMETRO DPSH				FALDA NO		
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			σ' [kN/m²]	Asta	Rpd [kN/m²]	Qa3 [kN/m²]
			φ [°]	Mo [kN/m²]	Qa1 [kN/m²]	Cu [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Qa2 [kN/m²]				
0.20	5	11.0	27.8	7810	53	74	6600	128	3.8	1	3724	149
0.40	8	17.6	31.2	12496	88	118	10560	205	7.6	1	5959	238
0.60	23	50.6	40.8	35926	307	339	30360	585	11.4	1	17132	685
0.80	10	22.0	33.2	15620	169	147	13200	258	15.2	1	7449	298
1.00	6	13.2	29.1	9372	139	88	7920	158	19.0	2	4143	166
1.20	4	8.8	26.5	6248	129	59	5280	109	22.8	2	2762	110
1.40	5	11.0	27.8	7810	163	74	6600	135	26.6	2	3452	138
1.60	9	19.8	32.2	14058	276	133	11880	237	30.4	2	6214	249
1.80	6	13.2	29.1	9372	223	88	7920	163	34.2	2	4143	166
2.00	4	8.8	26.5	6248	193	59	5280	114	38.0	3	2574	103
2.20	4	8.8	26.5	6248	209	59	5280	115	41.8	3	2574	103
2.40	6	13.2	29.1	9372	286	88	7920	167	45.6	3	3861	154
2.60	8	17.6	31.2	12496	384	118	10560	219	49.4	3	5148	206
2.80	8	17.6	31.2	12496	411	118	10560	220	53.2	3	5148	206
3.00	7	15.4	30.2	10934	392	103	9240	196	57.0	4	4217	169
3.20	6	13.2	29.1	9372	370	88	7920	172	60.8	4	3615	145
3.40	6	13.2	29.1	9372	391	88	7920	173	64.6	4	3615	145
3.60	5	11.0	27.8	7810	364	74	6600	149	68.4	4	3012	120
3.80	4	8.8	26.5	6248	335	59	5280	125	72.2	4	2410	96
4.00	5	11.0	27.8	7810	401	74	6600	152	76.0	5	2832	113
4.20	6	13.2	29.1	9372	475	88	7920	178	79.8	5	3398	136
4.40	8	17.6	31.2	12496	626	118	10560	230	83.6	5	4531	181
4.60	10	22.0	33.2	15620	810	147	13200	282	87.4	5	5663	227
4.80	35	77.0	45.0	54670	4133	516	46200	914	91.2	5	19821	793
5.00	65	99.0	45.0	70290	4304	663	59400	1168	95.0	6	34730	1389

TABELLA PROVA PENETROMETRICA DPSH data base regionale

- committente : Studio Geologico Associato FOR-GEO				- data prova : 04/03/2008			
- lavoro : Studio terreno				- quota inizio : Piano campagna			
- località : Frassinoro (MO) - Area 1				- prof. falda : Falda non rilevata			
- sperimentatore : Dott. Giuseppe Colucci				- data emiss. : 07/03/2008			
- note :				- pagina n°: 1/3			
Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	2	1,5	1	3,00 - 3,20	3	1,8	4
0,20 - 0,40	2	1,5	1	3,20 - 3,40	2	1,2	4
0,40 - 0,60	3	2,2	1	3,40 - 3,60	2	1,2	4
0,60 - 0,80	2	1,5	1	3,60 - 3,80	3	1,8	4
0,80 - 1,00	4	2,7	2	3,80 - 4,00	2	1,1	5
1,00 - 1,20	10	6,8	2	4,00 - 4,20	9	5,0	5
1,20 - 1,40	5	3,4	2	4,20 - 4,40	25	13,9	5
1,40 - 1,60	4	2,7	2	4,40 - 4,60	4	2,2	5
1,60 - 1,80	2	1,4	2	4,60 - 4,80	5	2,8	5
1,80 - 2,00	3	1,9	3	4,80 - 5,00	8	4,2	6
2,00 - 2,20	3	1,9	3	5,00 - 5,20	12	6,3	6
2,20 - 2,40	7	4,4	3	5,20 - 5,40	7	3,7	6
2,40 - 2,60	2	1,3	3	5,40 - 5,60	10	5,2	6
2,60 - 2,80	3	1,9	3	5,60 - 5,80	60	31,4	6
2,80 - 3,00	3	1,8	4				

• **Prospezione sismica HVSR**

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

MICROMED TROMINO ENGY

FRASSINORO, LAGO MURATO

Strumento: TEP-0149/01-11

Inizio registrazione: 24/08/12 17:00:24 Fine registrazione: 24/08/12 17:20:25

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-;

TRG + TRG -

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 68% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

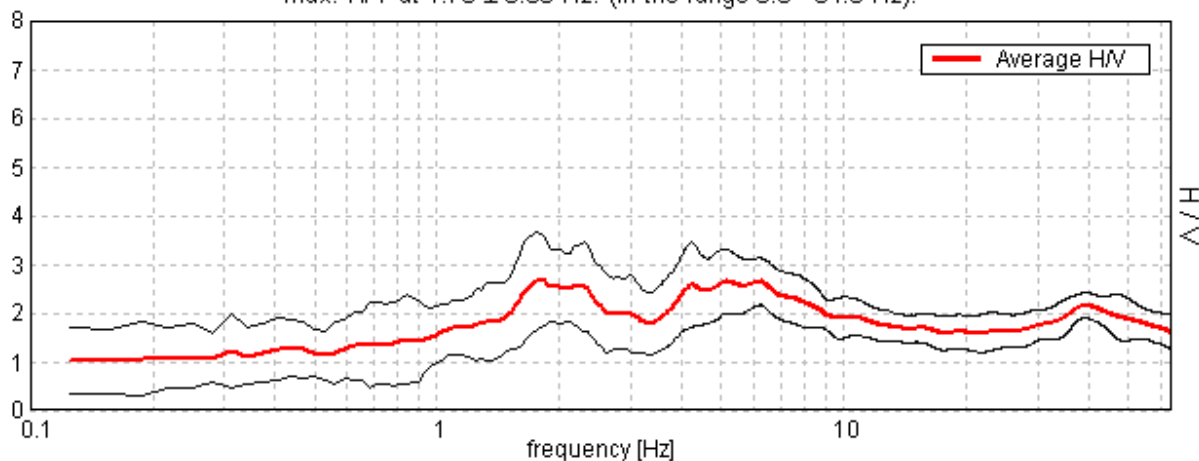
Lunghezza finestre: 20 s

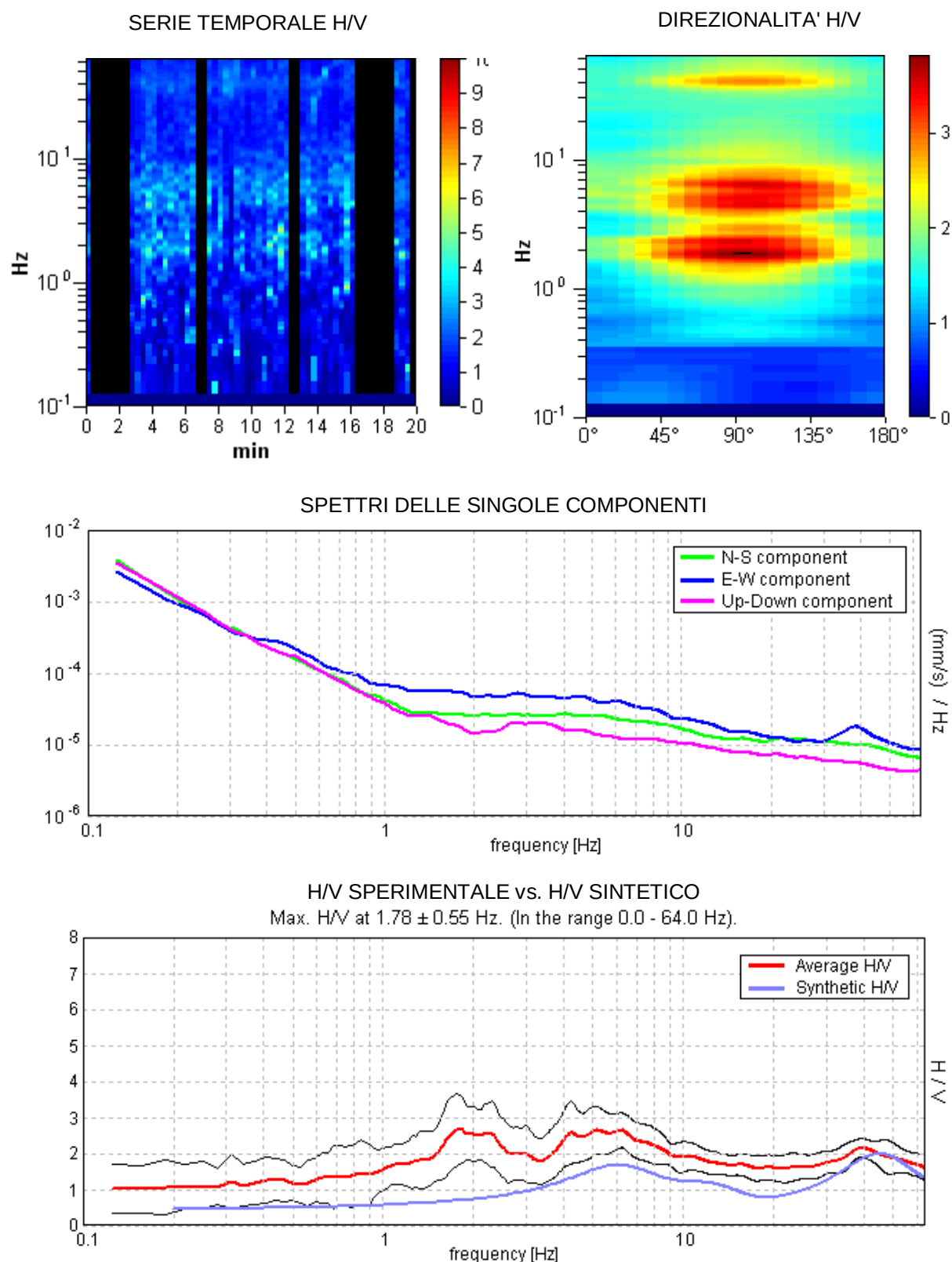
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

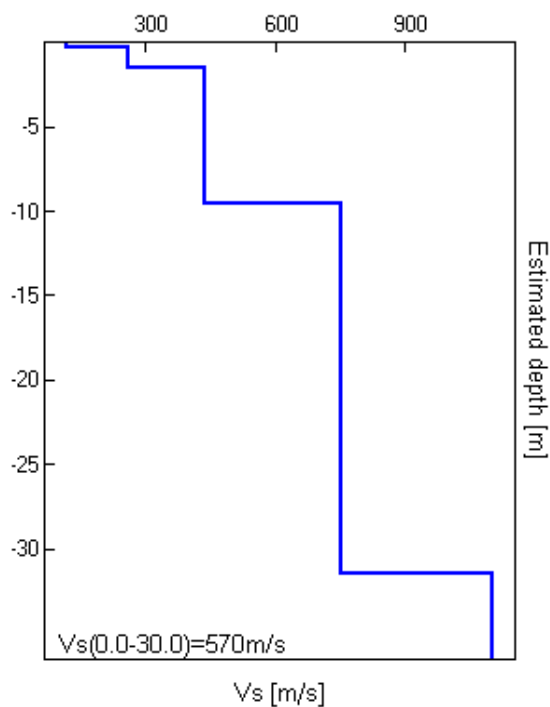
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 1.78 ± 0.55 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).





Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.30	0.30	120	0.35
1.50	1.20	260	0.35
9.50	8.00	440	0.35
31.50	22.00	750	0.35
inf.	inf.	1100	0.35



Vs(0.0-30.0)=570m/s

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di [Grilla](#) prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 1.78 ± 0.55 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.78 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1460.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 86	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.656 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			
$A_0 > 2$	$2.66 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04132 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.16954 < 0.17813$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4722 < 1.78$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Provincia di Modena
Comune di Frassinoro

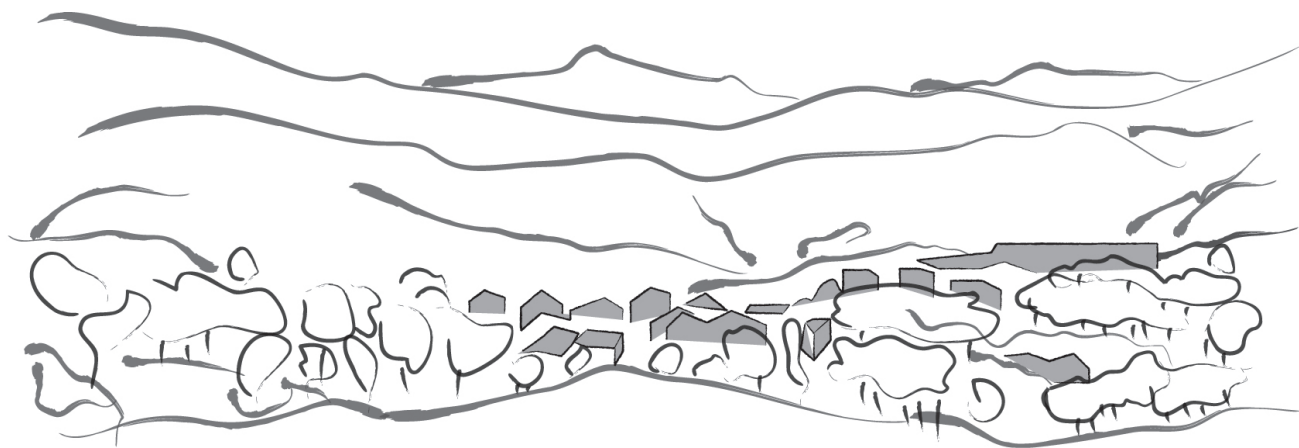


PIANO REGOLATORE GENERALE

Variante parziale 06/2013

adottata con deliberazione consiliare n. 7 del 15/01/2013
approvata con deliberazione consiliare n. 24 del 01/10/2013
ai sensi dell'articolo 15 della legge regionale 7 dicembre 1978, n. 47.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA
ALLEGATO 4
PERIZIE GEOLOGICHE
parte II



<i>Domanda</i>	n. 020
<i>Richiedente</i>	Hatton Natalie Elena
<i>Foglio</i>	40
<i>Mappali</i>	475
<i>Tavola PRG</i>	5.8

RICHIESTA di VARIANTE al PRG
DEL COMUNE di FRASSINORO
RELATIVA ad UN'AREA da destinare a
“ZONA DI COMPLETAMENTO – B I”
in LOCALITA' PERE STORTE
di FONTANALUCCIA

RELAZIONE
GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
GEOTECNICA E SISMICA

ROPRIETÀ
HATTON NATALIE ELENA

AGOSTO 2012

DOTT.SSA GEOL. STEFANIA ASTI

Via Maestra di Bagazzano, 97/2 - 41015 Nonantola (Mo)

☎ 3356635599

@ stefania.asti@tin.it

piano regolatore generale Frassinoro - Variante Parziale 06/2012 - Allegato 3 Perizie geologiche

RICHIESTA DI VARIANTE AL PRG
DEL COMUNE DI FRASSINORO
RELATIVA AD UN'AREA DA DESTINARE A
“ZONA DI COMPLETAMENTO – B I ”
IN LOCALITA' PERE STORTE DI
FONTANALUCCIA

RELAZIONE GEOLOGICA,
GEOMORFOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

A cura di Dott.ssa Geol. Stefania Asti

COMMITTENTE: HATTON NATALIE ELENA

INDICE

PREMESSA

I. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

1.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

1.2 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

2. VINCOLI NORMATIVI IN RELAZIONE AGLI STUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAODINATI

2.1 PSFF e PAI – Piano Stralcio Fasce Fluviali e Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO

2.2 P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

3.1 INDAGINE GEOGNOSTICA

3.2 VERIFICA DI STABILITÀ DELL'AREA

4. SISMICITÀ

4.1 NORMATIVA SISMICA

4.2 SISMICITÀ DEL TERRITORIO DI FRASSINORO

4.3 SISMICITÀ DEL SITO D'INDAGINE

4.3.1 Metodo d'indagine

4.3.2 Strumentazione

4.3.3 Elaborazione

4.3.4 Risultati - determinazione delle categorie del suolo di fondazione

4.4 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

5. VALUTAZIONI CONCLUSIVE IN MERITO ALLA COMPATIBILITÀ GEOLOGICO-AMBIENTALE DELLA PROPOSTA DI VARIANTE AL PRG DI FRASSINORO

PREMESSA

Su incarico della proprietaria Natalie Hatton, si è provveduto alla stesura della presente relazione geologica, geomorfologica, geotecnica e sismica a corredo della richiesta di Variante al Piano Regolatore Comunale del Comune di Frassinoro, finalizzata all'inserimento in Piano di un'area edificabile di proprietà della committenza sita nella frazione di Fontanaluccia.

L'area, ubicata in località Pere Storte di Fontanaluccia, è attualmente destinata a zona agricola e si presenta come un lotto incolto a ridosso dell'area edificata della borgata.

Al fine di verificare l'idoneità del sito all'edificabilità di cui in richiesta, ne sono state analizzate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrografiche, geotecniche e sismiche, è stato effettuato un sopralluogo sul sito, durante il quale si è presa visione della situazione esistente ed è stata effettuata una caratterizzazione geognostica e sismica dell'area.

In particolare, allo scopo di caratterizzare il sito d'interesse, in data 02 agosto 2012 è stata condotta una campagna d'indagine geognostica consistita nella realizzazione di una prova penetrometrica dinamica super-pesante, spinta sino alla profondità di rifiuto all'infissione dello strumento, registrata alla profondità di -9.9 m dal piano campagna.

L'indagine è inoltre stata completata attraverso l'esecuzione di una prova geofisica con metodo MASW eseguita nel sito in studio.

Per le considerazioni e valutazioni specifiche di tipo geologico, geomorfologico, geotecnico e sismico, ci si è avvalsi delle conoscenze dirette delle aree in oggetto, oltre che dei dati di indagini eseguite in aree prossime a quella in esame.

I. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in esame si estende nella zona sud-occidentale del territorio comunale di Frassinoro, nella frazione di Fontanaluccia nella borgata Pere Storte (Fig. 1); il lotto si colloca nella zona orientale della borgata, a ridosso delle abitazioni esistenti (Fig. 2).

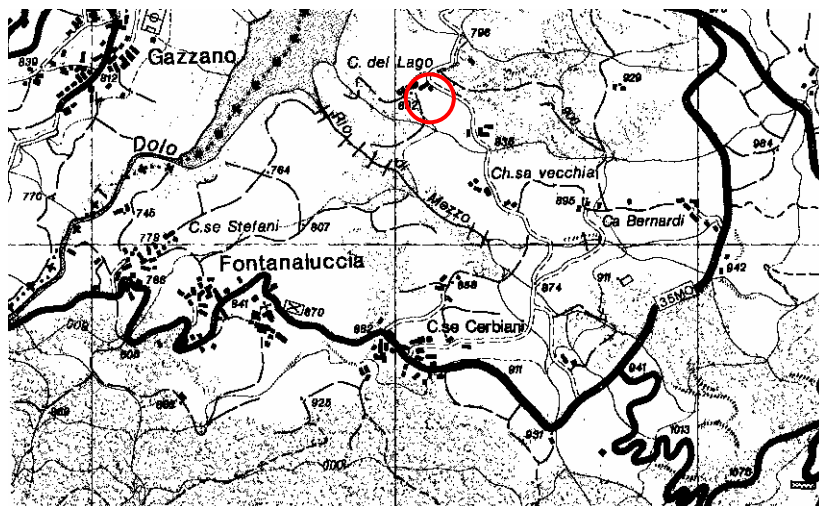


Figura 1 – Corografia area
d'intervento
(da Carta topografica
R.E.R. Tavola 235 SE
"Pievepelago")

scala 1:25.000

Si tratta di una zona di media montagna, posta ad una quota di circa 800 m s.l.m. lungo il versante nord del Monte Roncadello (1350 m s.l.m.) che degrada, con direzione occidentale, verso il fondovalle del Torrente Dolo, che scorre poco a valle del sito in esame con direzione SO-NE.

Da un punto di vista topografico l'area si sviluppa a quote comprese tra 800 - 805 m s.l.m., presentando una debole pendenza verso ovest. (Figura 2) Il versante degrada quindi debolmente verso sud-ovest, in direzione del Rio Piccolo, posto poco a valle dell'area in esame.

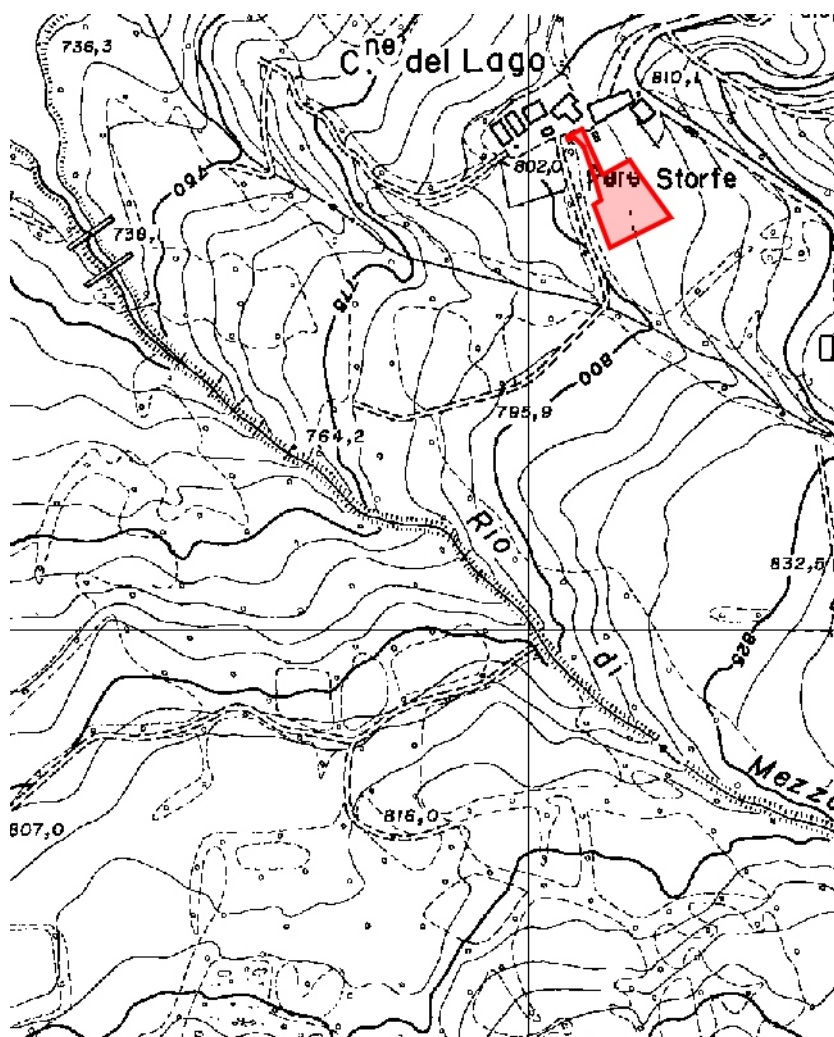


Figura 2 – Ubicazione
area d'intervento
(da C.T.R. della R.E.R.
Elemento n. 235113
"Fontanaluccia")

scala 1:5.000

La cartografia di riferimento è di seguito riportata:

- Carta topografica 1:25.000 della R.E.R. - Tavole 235 SE "Pievepelago" (Fig. 1);
- C.T.R. 1:10.000 della R.E.R. - Sezione n. 235110 "Frassinoro";
- C.T.R. 1:5.000 della R.E.R. - Elemento n. 235113 "Fontanaluccia" (Fig. 2).

Catastralmente l'area d'interesse è compresa nel Foglio 40, mappali 185p e 189p del N.C.T. del comune di Frassinoro.

Attualmente l'area in oggetto si presenta incolta.

1.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L'area in studio è posta nel medio Appennino modenese, ad una quota di circa 800 m s.l.m.; per la caratterizzazione dei terreni presenti si è fatto riferimento, sia alla Carta Geologica in scala 1:10.000 del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della RER (figura 3), sia ai dati raccolti mediante un rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio.

Dal punto di vista geologico, nella zona di Fontanaluccia si rinvencono essenzialmente terreni appartenenti alla Falda Toscana, ed in particolare affiorano litologie arenacee, riconducibili alla formazione delle Arenarie di Monte Cervarola (membro del torrente Dardagna – litofacies arenaceo pelitica), nella pendice a monte dell'abitato fino al crinale, terreni prevalentemente argillosi, costituiti da una formazione complessa in giacitura olistostromica con inclusi riconducibili all'unità Sestola-Vidiciatico, nel resto del versante sino all'alveo del T. Dolo e litotipi calcareo marnosi appartenente alla formazione dell'Abetina Reale, nella zona più settentrionale.

Nell'area in esame il substrato è costituito da terreni appartenenti alla Formazione dell'Abetina Reale (ABT), anche se tali terreni, nel sito d'indagine, non affiorano direttamente ma sono sovrastati da una coltre detritica di spessore variabile; affioramenti del substrato sono invece riconoscibili poco a monte del lotto, in prossimità della strada comunale.

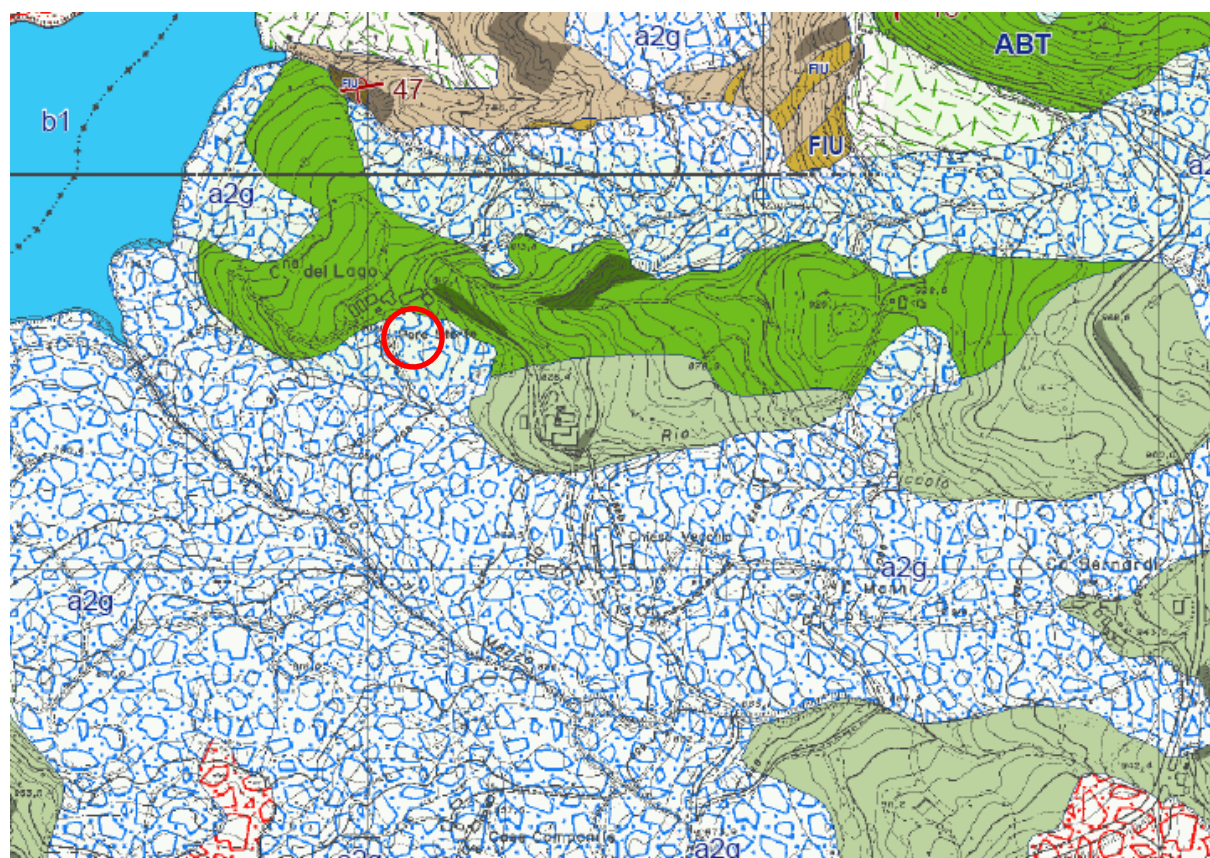
La Formazione dell'Abetina Reale è costituita da torbiditi a base calcilutitica o calcarenitica grigia, passanti a marne calcaree biancastre, in strati da spessi a molto spessi, localmente plurimetri, alternate a torbiditi a base arenitica fine e siltitica e tetto argilloso grigio-scuro in strati sottili e medi. Subordinatamente si trovano calcilutiti silicee in strati da medi a spessi grigio-bluastri e sono possibili locali intercalazioni di brecce poligeniche e arenarie silicoclastiche e ofiolitiche.

Si tratta di torbiditi appartenenti alla Successione Modino, che sono state deposte in ambiente marino profondo.

Il passaggio è discordante rispetto alla formazione sottostante ed i contatti tettonici sono prevalentemente con la Formazione delle Argilliti Varicolori (AVC). Potenza di 200-300 m circa.

Tali terreni affiorano nella zona posta immediatamente a nord del lotto in esame, che risulta invece interessato dalla presenza di una coltre detritica di tipo gravitativo, derivante da movimenti franosi attualmente quiescenti; come confermato dal sondaggio penetrometrico effettuato, sono presenti materiali di copertura, sino a circa 9 m di profondità, seguiti dai materiali marnosi del substrato.

Nella zona posta più a sud, in corrispondenza del centro abitato di Fontanaluccia, a ridosso della SP. 35, tra le borgate di Case Farioli, La Chiesa e Case Cerbiani, affiorano invece i terreni appartenenti alla Formazione delle Argilliti Variegate con Calcani (AVC); nella zona posta a nord, affiorano infine litologie appartenenti alla formazione delle Marne di Marmoreto (MMA).



Punti di osservaz. e misura (10K)

- stratificazione a polarità sconosciuta
- stratificazione dritta
- stratificazione rovesciata
- stratificazione verticale

Coperture quaternarie (10K)

- AES8 - Subinterna di Ravenna
- AES8a - Unità di Modena
- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
- a1g - Deposito di frana attiva complessa
- a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
- a2g - Deposito di frana quiescente complessa
- a3 - Deposito di versante s.l.
- a4 - Deposito eluvio-colluviale
- b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Limiti di unità geologiche (10K)

- contatto stratigrafico o litologico certo
- limite di natura incerta
- sovraccorrimiento certo
- sovraccorrimiento di importanza minore certo

Affioramenti (aree) (10K)

Unità geologiche (10K)

- ABT - Formazione dell'Abetina Reale
- AFC - Formazione del Fosso della Cà
- AVC - Argilliti variegata con calcari
- CEV1 - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Dardagna
- SRP1 - Formazione di Serpiano - membro dei poggi di Fontanaluccia

Figura 3 – Carta geologica –
Sez. 235110

(Estratto Carta geologica della
Regione Emilia Romagna

scala 1:10.000

Da un punto di vista tettonico questo settore dell'Appennino settentrionale si caratterizza per la presenza di unità strutturali impilate le une sulle altre; quest'assetto tettonico è riconoscibile soprattutto nella zona a nord dell'allineamento Fontanaluccia - Madonna di Pietravolta, dove le unità riferibili al Dominio toscano soggiacciono geometricamente alle Liguri.

Nella zona a sud di tale allineamento affiorano invece soprattutto le unità del Dominio Toscano e la Formazione di Monte Caio; quest'ultima sovrasta o giustapposta lateralmente alle prime attraverso contatti tettonici di accavallamento o faglie sub-verticali ad andamento grossomodo NO-SE.

L'assetto tettonico appena descritto, che costituisce una costante strutturale per questo settore della catena Appenninica settentrionale, è il diretto responsabile dell'assetto geomorfologico dell'area; infatti, proprio in conseguenza di tali accavallamenti strutturali, si hanno solitamente formazioni argillose e marnose maggiormente erodibili nelle parti medio-basse dei versanti e unità lapidee nelle zone alte, a formare le dorsali principali.

Questa distribuzione spaziale dei litotipi, che trova una sua esplicazione nello schema strutturale appena descritto, rappresenta una delle cause principali che hanno favorito l'instaurarsi di processi morfogenetici erosivi molto accentuati, con incisione di valli molto profonde e strette (T. Dragone, T. Dolo) sui cui versanti sono numerosi i fenomeni di instabilità, a loro volta responsabili degli estesi movimenti e accumuli di corpi franosi, sia nel recente passato geologico sia attualmente.

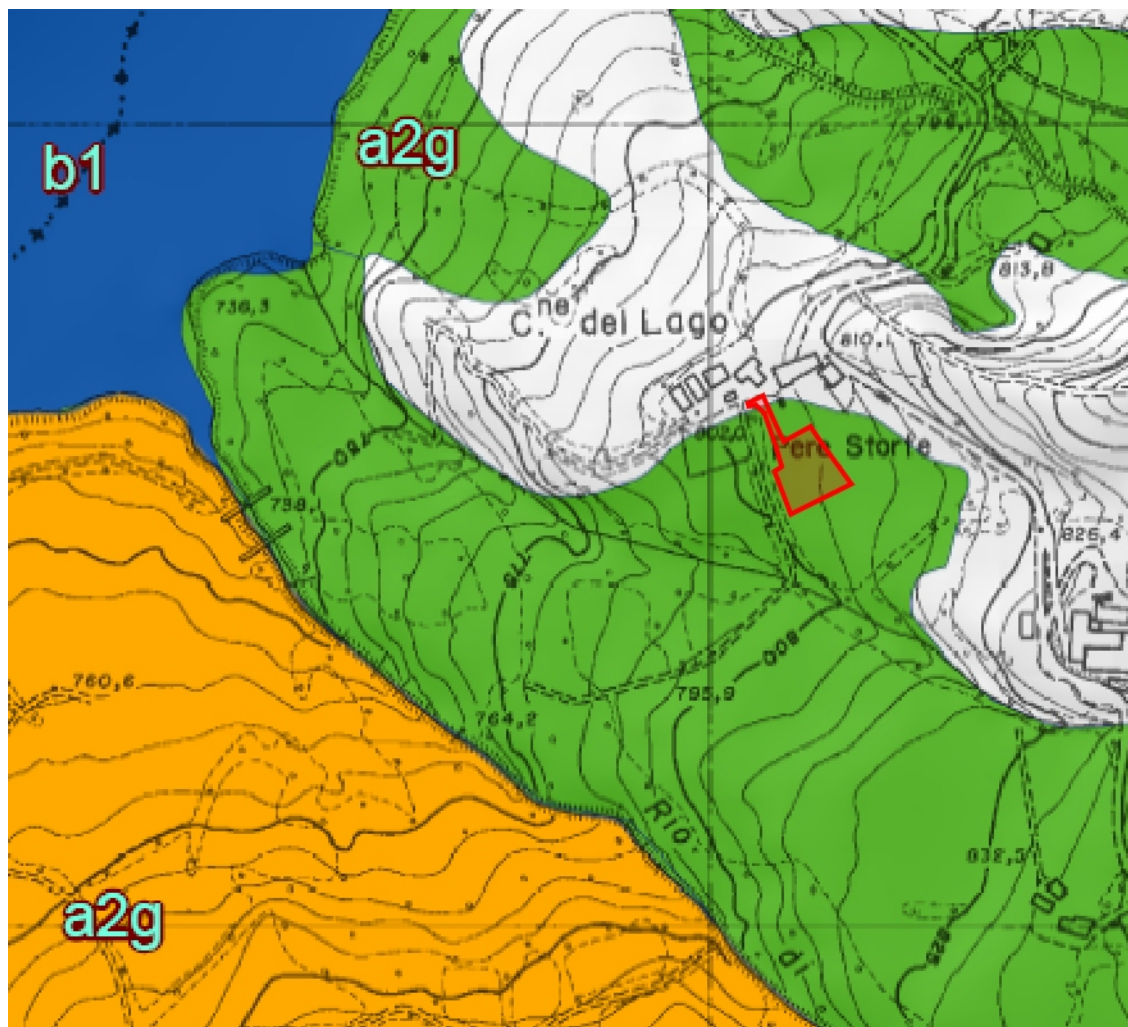
La morfologia caratteristica della zona è pertanto quella tipica dei versanti in frana dell'Appennino settentrionale, ove affiorano formazioni prevalentemente argillose e marnose: i versanti sono interessati da imponenti corpi di frana per lo più quiescenti e da ondulazioni diffuse, da ripiani per lo più sottostanti alle scarpate principali nei coronamenti di frana ed interpretabili, pertanto, come blocchi basculati ribassati, per lo più ricoperti da depositi colluviali e di gravità in genere, sui quali talora si determinano contropendenze e ristagni d'acqua.

Gli agenti morfodinamici che hanno modellato l'area sono principalmente la gravità, le azioni di gelo - disgelo e le acque di scorrimento superficiale e di infiltrazione.

Per quanto riguarda le condizioni di stabilità dell'area d'indagine, la "Carta del dissesto idrogeologico" della R.E.R. (Fig. 4), segnala, in corrispondenza del sito il esame, il limite di un deposito di frana quiescente, che lambisce la frazione di Pere Storte; in particolare si tratta di una propaggine laterale di modeste dimensioni, che si raccorda con direzione NE-SW al corpo franoso principale che scende sino a lambire il lago della Diga di Fontanaluccia.

Come descritto dalla cartografia regionale, si tratta di "Depositi gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività

intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi."



Legenda

PSAI-Aree a rischio elevato-molto elevato

area di possibile evoluzione del dissesto

Frane e altri depositi di versante

a1g - Deposito di frana attiva complessa

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

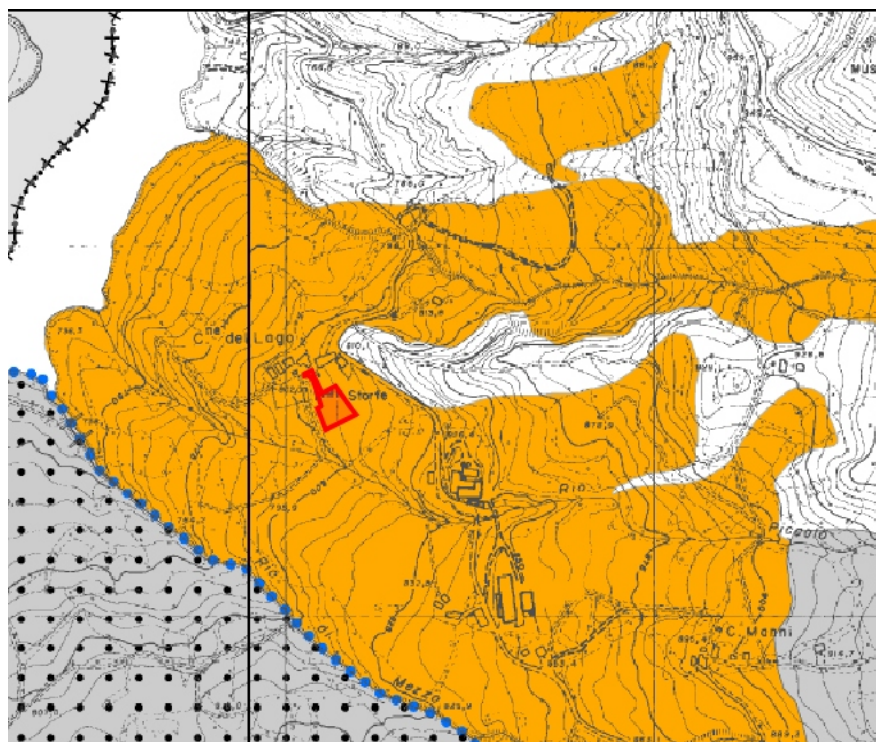
a3 - Deposito di versante s.l.

Depositi alluvionali

b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Figura 4 – Carta del dissesto idrogeologico (Regione Emilia Romagna)

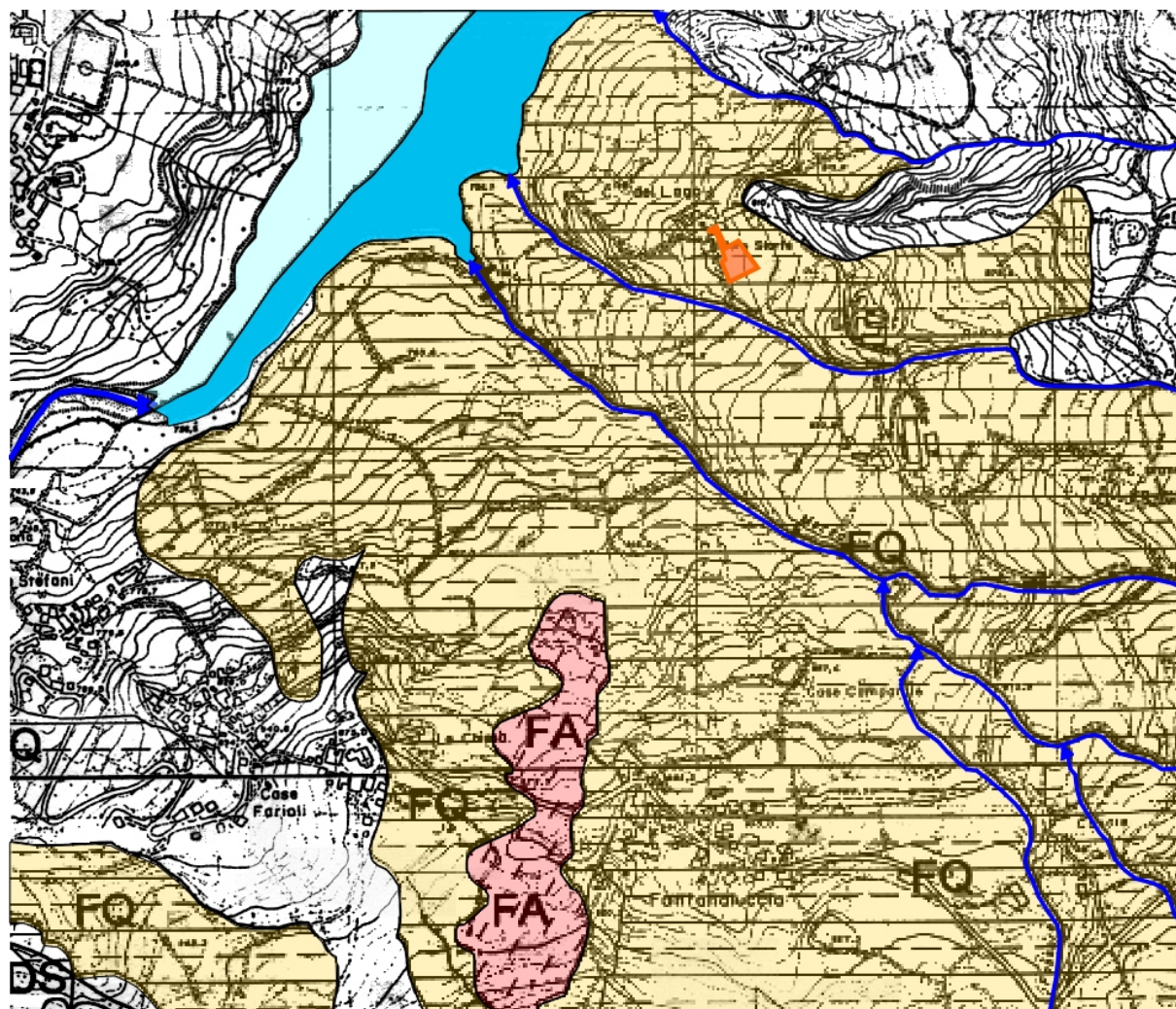
scala 1:5.000



VOCI DI LEGENDA			
Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità			
		Aree interessate da frane attive	Art. 15
		Aree interessate da frane quiescenti	
Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità			
		Aree potenzialmente instabili	Art. 16
Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato			
		Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTFR)	Art. 17
		Aree a rischio idrogeologico molto elevato	Art. 18A
		Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)	Art. 18B

Analoga perimetrazione viene proposta anche nella "Carta Geomorfologica" del PRG del Comune di Frassinoro (Fig. 7), di cui a seguire si riporta un estratto; l'elaborato originario, disegnato perimetrando i corpi morfologici con linee in bianco e nero è stato completato per renderlo maggiormente leggibile, assegnando una diversa colorazione alle differenti perimetrazioni.

La perimetrazione del corpo franoso proposta dallo strumento comunale, ricalca per il lotto in esame, quella provinciale.



LEGENDA

— Traversa

— Reticolo idrografico

Diga



Conoidi fluviali



Frane attive



Frane quiescenti



Ubicazione area d'indagine

Figura 7 – Estratto Carta Geomorfologica (PRG Comune di Frassinoro) modificato con colorazione

Scala 1:10.000

Dal sopralluogo effettuato sull'area e nelle zone limitrofe, oltre che dalle conoscenze acquisite in occasione della realizzazione di un'abitazione nel lotto attiguo a quello in esame, compreso tra l'area in esame e la strada comunale Via Diga, si ritiene che la perimetrazione della frana quiescente proposta dalla "Carta del dissesto idrogeologico" della RER sia, limitatamente all'area di Pere Storte, maggiormente rispondente alla situazione realmente esistente sull'area; si ritiene infatti che dalla perimetrazione dovrebbe essere escluso l'abitato di "Pere Storte", collocato sulla parte terminale della dorsale costituita da roccia affiorante e riconoscibile quale elemento di separazione tra il corpo di frana quiescente posto a nord e quello posto a sud, così come anche la strada comunale e l'area immediatamente a valle della stessa, dove le indagini geognostiche eseguite in passato e gli scavi effettuati per la

realizzazione dell'edificio, hanno evidenziato la presenza di bassi spessori di terreno detritico di copertura e la presenza del substrato già a basse profondità.

Il movimento descritto è in ogni caso un movimento franoso del quale non si hanno evidenze ormai da parecchi decenni, come tra l'altro testimoniato dagli abitanti del luogo, dagli edifici centenari presenti nella borgata e come risulta evidente dall'osservazione del tratto stradale rettilineo prospiciente la borgata, il cui fondo risulta essere completamente integro.

Differente risulta invece la situazione più a sud e sud-est, lungo il corso del Rio Piccolo, dove sono tutt'oggi evidenti segni di movimenti superficiali localizzati, sia nelle forme del versante (forme mammellonate, inclinazione di pali elettrici), che nelle caratteristiche del fondo stradale, interessato da sconnessioni e rotture.

In occasione del presente studio, si è comunque condotta una specifica indagine geognostica, al fine di poter disporre anche di dati geomeccanici, oltre che stratigrafici, che potessero confortare sulla fattibilità geotecnica dell'area in esame; per i dati sulle indagini geognostiche e sulle considerazioni di tipo geotecnico, si rimanda al successivo Cap. 3.

Va infine segnalato che, sebbene l'abitato di Fontanaluccia sia, per buona parte, classificato come "Area a rischio idrogeologico molto elevato", perimetrato come "Abitato dichiarato da consolidare ai sensi del R.D. 1319/1931" di cui all'Atlante delle aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato (PTCP della Provincia di Modena elaborato 2.1.1.), l'area in esame non è interessata dalle perimetrazioni di rischio idrogeologico.

1.2 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

La rete idrografica dell'area in esame è caratterizzata dalla presenza del Torrente Dolo, che delimita il confine nord-occidentale dell'abitato di Fontanaluccia, oltre a definire il confine tra le province di Modena e Reggio Emilia; il torrente, nasce sulle pendici del Monte Cusna, alla quota di circa 1.868 m s.l.m., oltre l'abitato di Civago in comune di Villaminozzo. Si tratta di un corso d'acqua con carattere torrentizio, contraddistinto da un regime nivo-pluviale e portate medio-basse, stimate in circa 3 m³/sec.

Nel corso d'acqua confluiscono le acque di numerosi fossi e rivi che scendono lungo i versanti prospicienti la sua valle.

Poco a sud dell'area in studio, le acque del torrente confluiscono nella diga di Fontanaluccia, un invaso idrico con un volume di circa 63.000 m³, con funzione di alimentazione della centrale idroelettrica di Farneta.



Foto 1 – La diga di Fontanaluccia vista da nord verso sud

Il reticolo idrografico che caratterizza quest'area è di tipo semplificato, sia per quanto riguarda l'impluvio principale, che per quelli secondari, generalmente poco ramificati, in ragione dell'assetto strutturale riconoscibile per la zona.

Il reticolo idrografico, o meglio il sistema delle acque incanalate, rappresenta, in questa zona appenninica, l'agente morfogenetico attivo principale, responsabile dei numerosi fenomeni gravitativi che hanno interessato ed interessano tuttora vaste zone del territorio comunale di Frassinoro.

Per quanto riguarda il lotto d'indagine, le acque di scorrimento superficiale, recapitano nel Rio Piccolo, che scorre, con andamento ortogonale a quello del T. Dolo, poco a sud delle Pere Storte.

L'allontanamento delle acque meteoriche, avviene, oltre che direttamente per scorrimento superficiale, anche per infiltrazione e circolazione sotterranea, sia all'interno dei sedimenti detritici superficiali che all'interno del substrato, contraddistinto da un discreto grado di permeabilità per fratturazione.

Durante l'esecuzione del sondaggio penetrometrico, non è stata rinvenuta la presenza di acqua all'interno del foro di sondaggio della prova, stante anche il periodo particolarmente siccitoso; in occasione di indagini eseguite in passato nel lotto attiguo, all'interno del foro di sondaggio più prossimo alla strada, si era, invece, evidenziata la presenza di acqua alla profondità di circa 3.0 m dal p.d.c.

2. VINCOLI NORMATIVI IN RELAZIONE AGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATI

Vengono di seguito analizzati gli strumenti di pianificazione e programmazione territoriale sovraordinati riguardanti l'ambito interessato dallo studio, al fine di valutare l'eventuale sussistenza di vincoli che rendano incompatibile la destinazione d'uso proposta per l'area con quanto disposto dalla pianificazione sovraordinata.

I principali strumenti di pianificazione generale territoriale analizzati sono:

- Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.
- Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) della Provincia di Modena, approvato con deliberazione del Consiglio Provinciale n. 46 del 18 marzo 2009.

2.1 PSFF e PAI - Piano Stralcio Fasce Fluviali e Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF), adottato dal Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del Fiume Po con Del. N° 26 del 11/12/97 ed approvato con D.P.C.M. del 24/07/98, il Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (Progetto PAI), adottato dal Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del Fiume Po con Del. N° 1 del 11/05/99 ed approvato con D.P.C.M. del 24/05/01 ed il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), adottato dal Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del Fiume Po con Del. N° 18 del 26/04/01, hanno valore rispettivamente di piano territoriale di settore e strumenti attuativi e rappresentano gli strumenti conoscitivi, normativi, tecnico-operativi, mediante i quali sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico ed idrogeologico del bacino idrografico, le fasce fluviali, le aree a rischio idrogeologico molto elevato.

L'ambito territoriale di riferimento è costituito dal sistema idrografico dell'asta del Po e dei suoi affluenti.

Essi costituiscono quindi gli strumenti per la delimitazione della regione fluviale, funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (a fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Il fiume Secchia, in quanto affluente in destra del fiume Po, rientra nel quadro dei corsi d'acqua oggetto di delimitazione delle fasce fluviali.

Il PSFF ha delimitato le fasce relative ai corsi d'acqua del sottobacino del fiume Po chiuso alla confluenza del fiume Tanaro, dell'asta del Po, sino al Delta e degli affluenti emiliani e lombardi limitatamente ai tratti arginati.

Il "Piano stralcio per la difesa idrogeologica e della rete idrica del bacino del Po" (PAI), redatto, adottato ed approvato ai sensi dell'art. 17 della L. 18 maggio 1989 n. 183, si pone invece come piano stralcio di settore; in particolare, il PAI, attraverso le sue disposizioni, persegue l'obiettivo di garantire al territorio del bacino del fiume Po un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico ed idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici ed ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, il recupero delle aree fluviali, con particolare attenzione a quelle degradate, anche attraverso usi ricreativi.

A seguito della sottoscrizione dell'intesa tra la Provincia di Modena e l'Autorità di bacino del fiume Po e la Regione Emilia Romagna ai sensi dell'art. 21 comma 2 della L.R. 20/2000, di cui all'art. 6 del PTCP, avvenuta in data 14 ottobre 2010, il PTCP della provincia di Modena ha assunto valori ed effetti del PAI. Ai sensi del comma 10 dell'art. 4 del PTCP *"le disposizioni relative al sistema delle acque superficiali, nella sua articolazione in zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua (art. 9) ed invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (art. 10) rappresentati nella carta 1.1 si applicano in luogo delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI)"*.

L'area oggetto di valutazione non risulta interessata da alcuna delimitazione delle fasce fluviali.
Con riferimento all'elaborato 2 "Atlante dei Rischi idraulici ed idrogeologici - Inventario dei centri abitati collinari/montani esposti a pericolo" - allegato 4 "Delimitazione delle aree in dissesto", si evidenzia che ai sensi del comma 1 dell'art. 15 delle NTA del PTCP della Provincia di Modena, le perimetrazioni contenute nelle tavole contrassegnate dal numero 2.1 Rischio da frana: carta del dissesto del medesimo piani, dal momento della loro entrata in vigore, sostituiscono *"..... , ai sensi dell'art. 6 del presente Piano, l'elaborato "2. Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Delimitazione delle aree in dissesto" del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, le*
". Si rimanda pertanto alla relativa descrizione, di seguito riportata.

Come già in precedenza evidenziato, si rileva una certa difformità interpretativa nella perimetrazione del corpo di frana quiescente, proposta dalle due cartografie (cfr Fig. 5 e 6).

2.2 P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA

Con riferimento alla Tav. 1.1 del P.T.C.P. "Tutela delle risorse paesistiche e storico-culturali", nell'area in esame non si segnala alcun elemento o sistema di tutela ambientale; il lotto si sviluppa all'interno dell'insediamento storico di Pere Storte, mentre poco a valle, in corrispondenza del T. Dolo e del Lago di Fontanaluccia, si segnala la presenza di una "Zona di tutela naturalistica" e di una "Zona di particolare interesse paesaggistico-ambientale", da cui il lotto resta comunque escluso.

Non si rilevano pertanto elementi d'incompatibilità tra la destinazione proposta per il lotto e gli elementi perimetrati dalla Tav. 1.1 del P.T.C.P. di Modena.

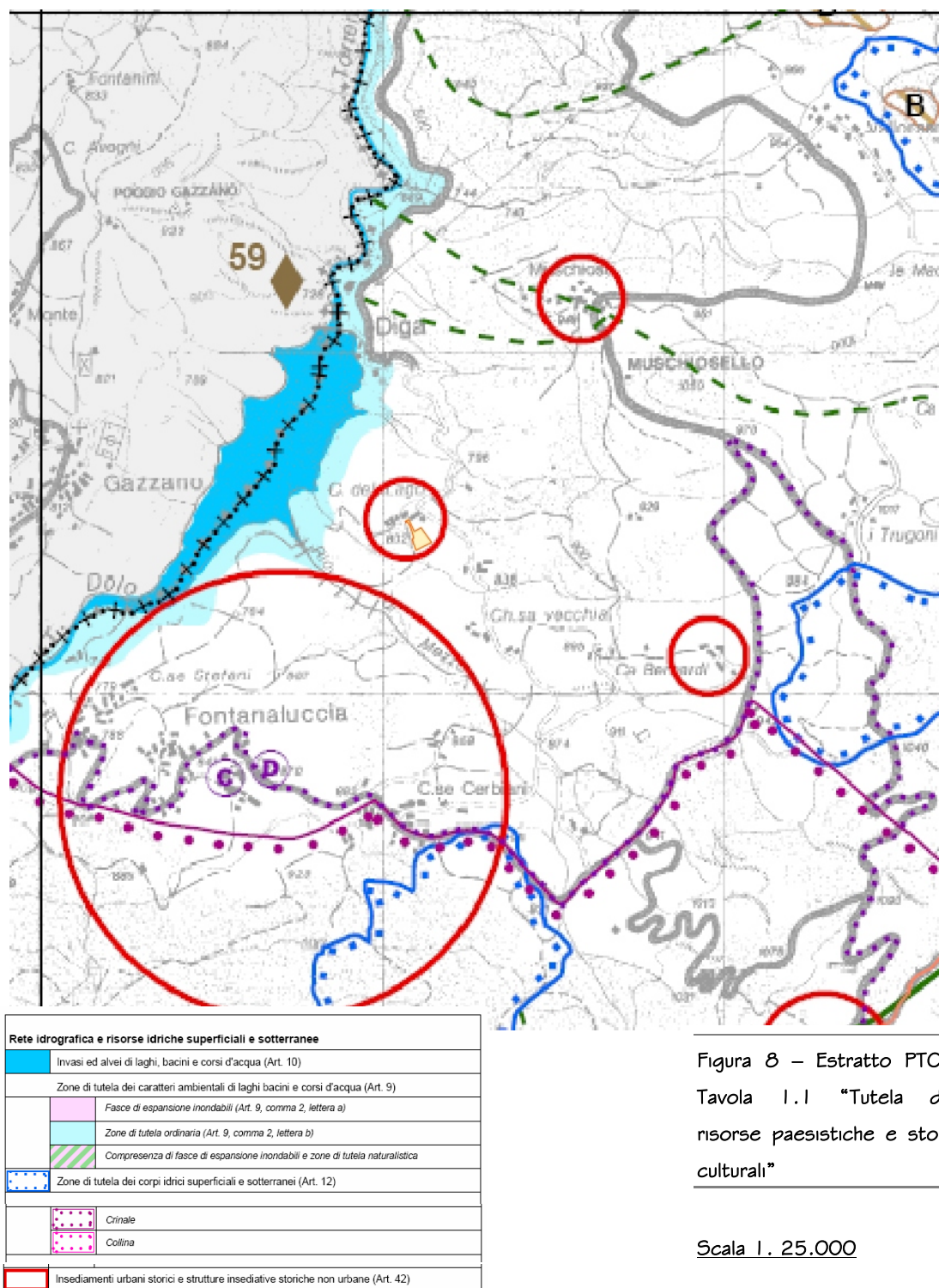


Figura 8 – Estratto PTCP - Tavola 1.1 "Tutela delle risorse paesistiche e storico culturali"

Scala 1: 25.000

Con riferimento alla Tav. 1.2 del P.T.C.P. "Tutela delle risorse naturali, forestali e della biodiversità del territorio" riportata nella figura seguente, nell'area non sussistono elementi di vincolo o di tutela; nella zona immediatamente attigua al lotto, si segnala invece una tutela

forestale, di cui all'art. 21 del PTCP, che non coinvolge tuttavia l'area interessata dalla presente richiesta di trasformazione.

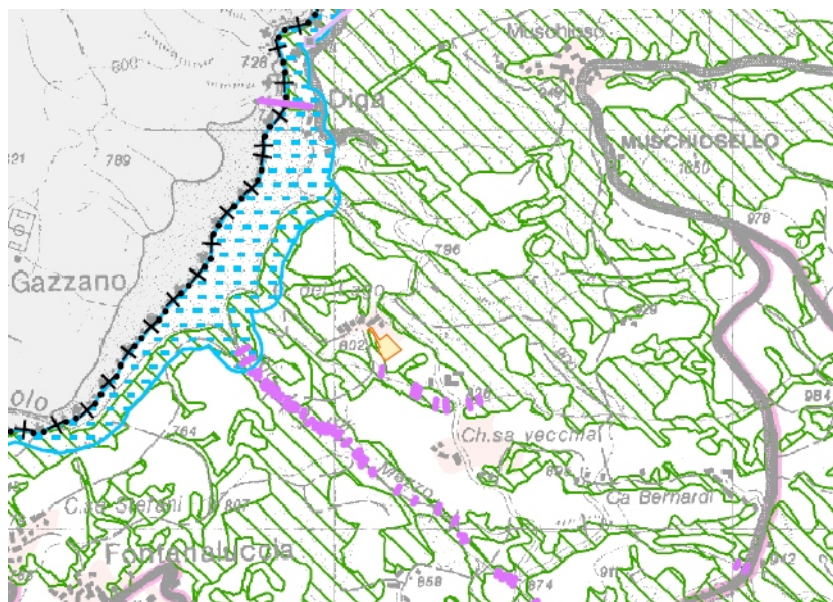


Figura 9 – Estratto PTCP - Tavola 1.2 "Tutela delle risorse paesistiche e storico culturali"

Scala 1: 25.000

Sistema forestale boschivo	
	Aree forestali (Art.21)

Non si rilevano pertanto elementi d'incompatibilità tra la destinazione proposta per il lotto e gli elementi perimetrati dalla Tav. 1.2 del P.T.C.P. di Modena.

Con riferimento alla Tav. 2.1 del P.T.C.P. "Rischio da frana: Carta del dissesto", come già illustrato nel precedente paragrafo 1.1, l'area in esame è ubicata all'interno di un ampio corpo di frana quiescente, che ha la sua origine nella zona di Madonna di Pietravolta e si sviluppa verso il fondo valle fino a lambire la diga di Fontanaluccia; l'intero abitato di Pere Storte, oltre che la viabilità comunale, risultano compresi entro tale perimetrazione.

Ribadendo anche in questo caso le considerazioni già effettuate al Paragrafo 1.1, si segnala comunque che il P.T.C.P., all'Art. 15 stabilisce che entro le aree interessate da frane quiescenti *"non sono ammesse nuove edificazioni. I Comuni, nella fase di formazione del Piano Strutturale Comunale, possono consentire e regolamentare, compatibilmente con le specifiche norme di zona ed in subordine ad una verifica complessiva volta a dimostrare la non influenza negativa sulle condizioni di stabilità del versante e di rischio per la pubblica incolumità condotta sulla base delle metodologie definite con apposita direttiva approvata dalla Provincia in coerenza con i criteri indicati all'art. 18 delle Norme di Attuazione del PAI dell'Autorità di Bacino del fiume Po:*

.....

b. interventi di non rilevante estensione a completamento degli insediamenti urbani, e solamente ove si dimostri:

b.1 l'esistenza e/o il permanere di quote di fabbisogno non altrimenti soddisfacenti;

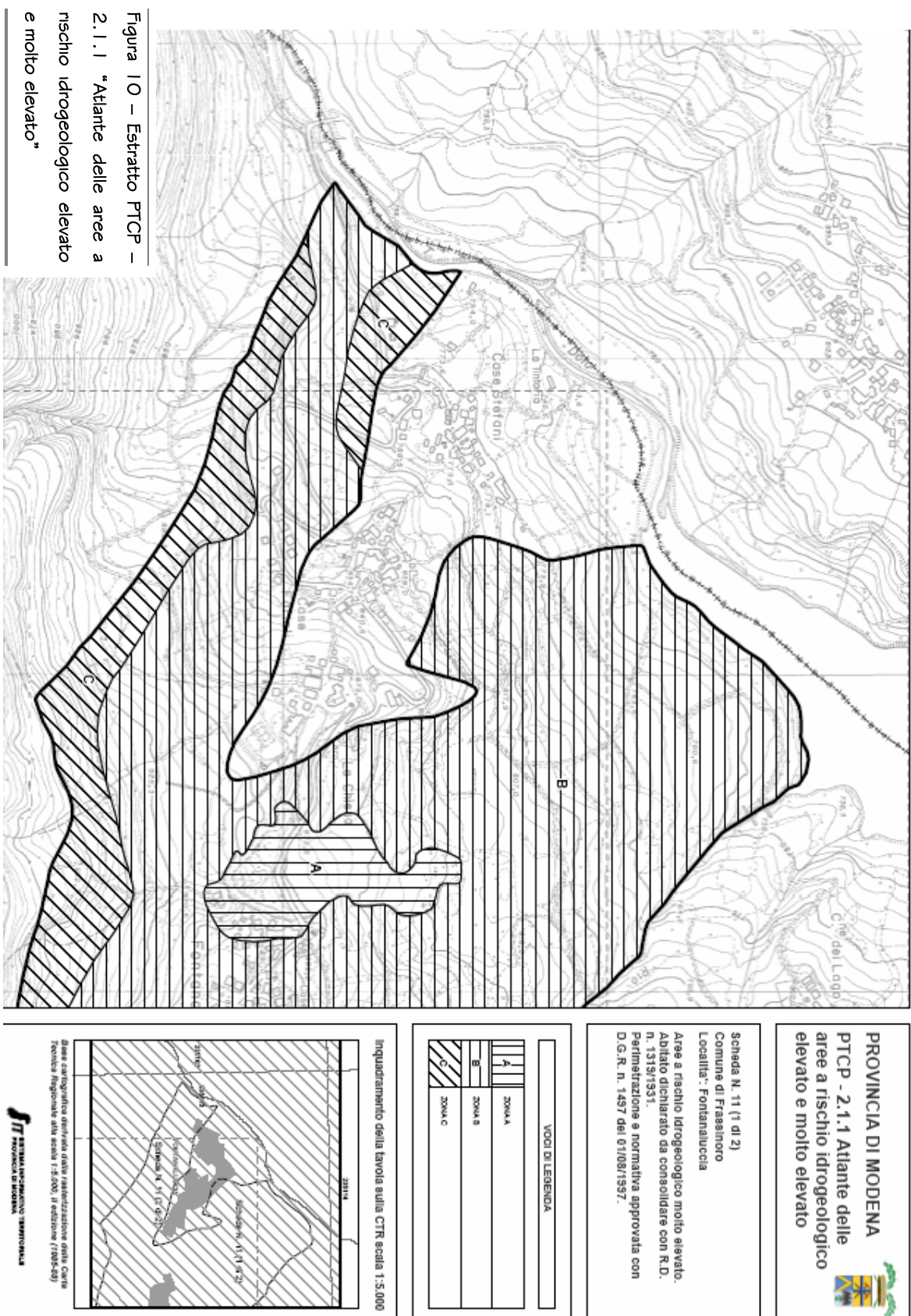
b.2 la compatibilità delle predette individuazioni con la tutela delle caratteristiche paesaggistiche generali dei siti interessati e con quella di singoli elementi fisici, biologici, antropici di interesse culturale in essi presenti, localizzando dette previsioni all'interno o in stretta contiguità al perimetro del Territorio Urbanizzato ed in presenza di adeguate reti infrastrutturali esistenti. In particolare, nel caso di interventi in stretta contiguità al perimetro del territorio urbanizzato, ai fini del non aumento dell'esposizione al rischio, la compatibilità con le condizioni di dissesto è accertata dalla Provincia nel corso del procedimento di formazione del Piano Strutturale Comunale.

Si rimanda alla precedente Fig. 6 per la consultazione della Tavola 2.1 " Rischio da frana: Carta del dissesto ".

Con specifico riferimento all'elaborato 2.1.1 "Atlante delle Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato" (Fig. 10), si segnala che l'abitato di Fontanaluccia è ricompreso all'interno della perimetrazione della scheda 11 e perimetrato come "Abitato dichiarato da consolidare ai sensi del R.D. 1319/1931"; l'area specifica d'interesse rientra all'interno della zona C, mentre la zona B ha il proprio confine settentrionale in corrispondenza del Rio di Mezzo. La normativa d'uso del suolo relativa alle zone C contenuta nella scheda 11, stabilisce che:

"art.4) ZONA C

Sono qui ammessi tutti gli interventi previsti per le ZONE "A" e "B" anche con l'aggiunta del "ripristino tipologico" e del "ripristino edilizio", e gli interventi di nuova costruzione in lotti interclusi all'interno del perimetro del territorio urbanizzato definito dall'art 13 della L.R. 47/1978 e in lotti di completamento di ridotte dimensioni e modesto indice di fabbricabilità, individuati dallo strumento urbanistico. Nelle zone agricole possono essere previsti nuovi edifici di servizio."



Per quanto riguarda i contenuti della Tavola 2.2 del "Rischio Sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali", il lotto d'indagine ricade all'interno della perimetrazione di "Aree potenzialmente instabili e soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche".

Secondo la cartografia riportata nella figura seguente, le condizioni geologiche e stratigrafiche dell'area in esame sono quindi tali da rendere possibile il rischio di amplificazione del moto sismico.

Nella cartografia suddetta vengono indicati oltre agli effetti attesi in caso di sisma, anche gli studi ed approfondimenti specifici che devono essere effettuate dagli strumenti di pianificazione a scala comunale sulle singole aree; in particolare per l'area in esame è prescritto che venga effettuata la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche. Per la microzonazione sismica sono previsti approfondimenti di III livello.

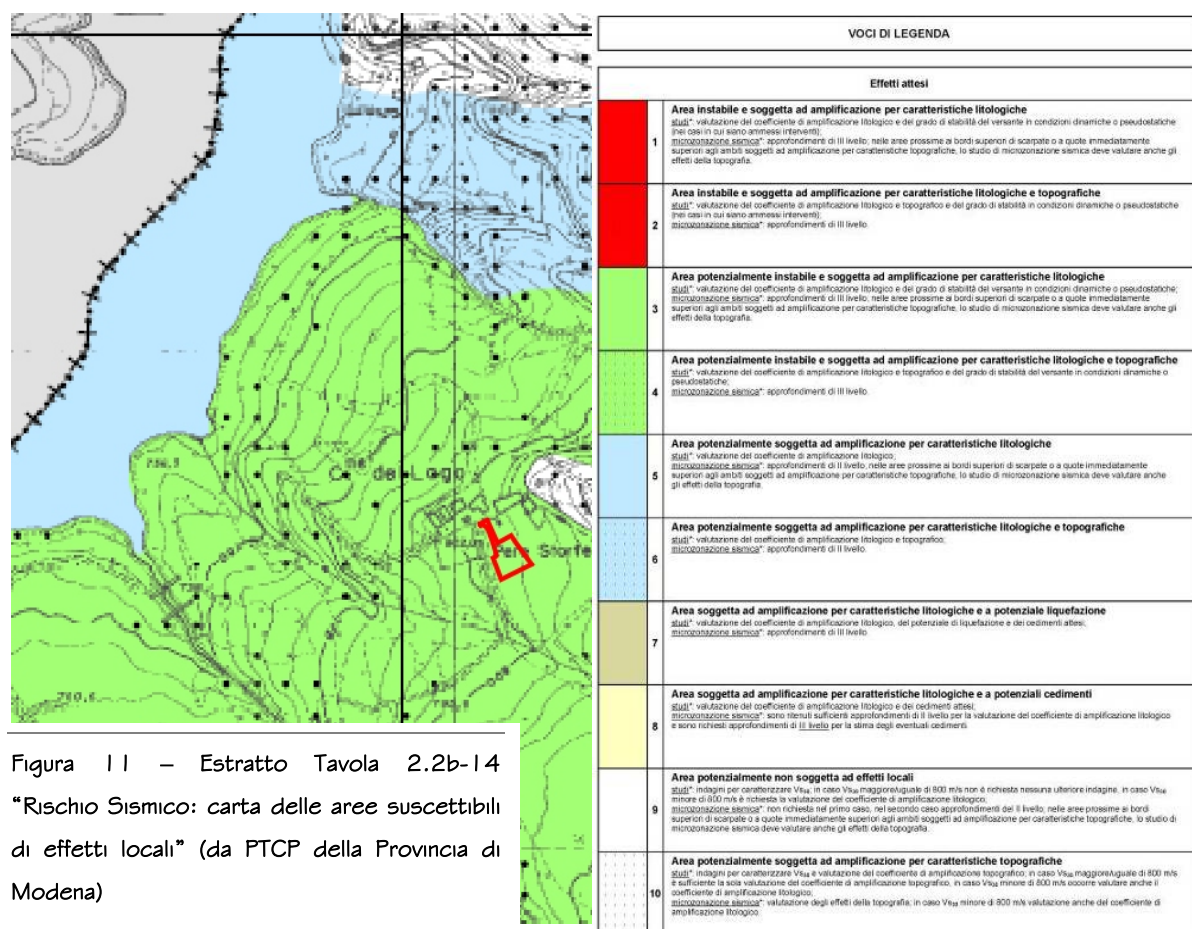


Figura 11 – Estratto Tavola 2.2b-14
"Rischio Sismico: carta delle aree suscettibili
di effetti locali" (da PTCP della Provincia di
Modena)

Scala 1:10.000

Con riferimento infine alla Carte di vulnerabilità ambientale ed in particolare alla Tavola 3.2 "Rischio d'inquinamento acque: Zone di protezione delle acque superficiali e sotterranee

destinate al consumo umano" (non riportata), nell'area non sono segnalate "sorgenti captate per uso idropotabile SP" o "sorgenti d'interesse AS" e l'area risulta inoltre esterna alla delimitazione di "Aree di possibile alimentazione delle sorgenti", che si sviluppano invece sia ad est che a sud della S.P. 35.

COMPATIBILITA' RISPETTO AGLI STRUMENTI SOVRAORDINATI

Considerata l'esigua estensione dell'area in oggetto, per la quale viene richiesto l'inserimento in "Zona di completamento - B1", la tipologia d'intervento che la proprietà ha manifestato di prediligere (fabbricato monofamiliare in legno con sviluppo massimo su due piani) e la continuità con il nucleo storico insediativo di Pere Storte, si ritiene che l'intervento proposto possa ritenersi compatibile con quanto definito dagli strumenti di pianificazione sovraordinati. Non si segnalano infatti elementi ostativi alla trasformazione, se non quelli derivanti dalla Tavola 2.1 "Rischio da frana: Carta del dissesto" del PTCP; in particolare tale cartografia, perimetra, in corrispondenza del lotto in esame, oltre che dell'intero abitato di Pere Storte, un corpo di frana quiescente; ribadendo quanto già espresso in merito all'attività del medesimo deposito quiescente, del quale non si hanno evidenze ormai da parecchi decenni, si evidenzia comunque che ai sensi dell'art. 15 delle NTA del Piano Provinciale, all'interno di tali aree, *"I Comuni, nella fase di formazione del Piano Strutturale Comunale, possono consentire e regolamentare, compatibilmente con le specifiche norme di zona ed in subordine ad una verifica complessiva volta a dimostrare la non influenza negativa sulle condizioni di stabilità del versante e di rischio per la pubblica incolumità b. interventi di non rilevante estensione a completamento degli insediamenti urbani, e solamente ove si dimostri:*

b.1 l'esistenza e/o il permanere di quote di fabbisogno non altrimenti soddisfacenti;

b.2 la compatibilità delle predette individuazioni con la tutela delle caratteristiche paesaggistiche generali dei siti interessati e con quella di singoli elementi fisici, biologici, antropici di interesse culturale in essi presenti, localizzando dette previsioni all'interno o in stretta contiguità al perimetro del Territorio Urbanizzato ed in presenza di adeguate reti infrastrutturali esistenti. In particolare, nel caso di interventi in stretta contiguità al perimetro del territorio urbanizzato, ai fini del non aumento dell'esposizione al rischio, la compatibilità con le condizioni di dissesto è accertata dalla Provincia nel corso del procedimento di formazione del Piano Strutturale Comunale.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

3.1 INDAGINE GEOGNOSTICA

Al fine valutare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del terreno oggetto di valutazione, in data 02/08/2012 si è provveduto ad eseguire un'indagine geognostica sull'area in oggetto.

La campagna è stata sviluppata mediante l'esecuzione di n. 1 prova penetrometrica dinamica super-pesante DPSH, posizionata nella zona centro-orientale del lotto, ed eseguita con attrezzatura avente massa battente pari a 73.0 Kg, altezza di caduta di 75 cm ed area alla punta di 20 cm²; in Allegato 1 si riporta il grafico e relativa tabella della prova.

Nel diagramma penetrometrico, viene riportata la curva ottenuta correlando la profondità con il numero di colpi necessari all'avanzamento dello strumento penetrometrico.

Nell'elaborato di calcolo, allegato con il diagramma penetrometrico, vengono invece riportati:

- il numero di colpi necessari all'avanzamento, misurati ogni 30 cm di profondità;
- il corrispondente valore di Resistenza Dinamica (Rd) e di Rp statico, ottenuto con tabelle di conversione dalla resistenza alla punta in termini dinamici Rd;
- la Coesione non drenata Cu, data dal rapporto $Cu = Rp/\beta$ con
 - $\beta = 20$ per $Rp < 10 \text{ Kg/cm}^2$
 - $\beta = [(Rp - 10)/2] + 20$ per $10 \text{ Kg/cm}^2 < Rp < 30 \text{ Kg/cm}^2$
 - $\beta = 30$ per $Rp > 30 \text{ Kg/cm}^2$
- il modulo edometrico $Mo = Rp \times \alpha$, con α variabile da 2 a 6, a secondo del valore di Rp.

L'indagine eseguita ha raggiunto la profondità massima di 9.9 m dal p.d.c., fermandosi a rifiuto.

Sono inoltre stati presi in considerazione i dati relativi ad un'indagine geognostica condotta nel luglio 2002 nel lotto attiguo, in occasione della Variante Generale al PRG 2000 ed allegate alla "Relazione geologica e geotecnica relativa ad una zona di completamento - B1 posta a Fontanaluccia in località Pere Storte" a cura del Dott. Geol. Franchi Valeriano.

L'ubicazione delle prove è riportata nella figura seguente.

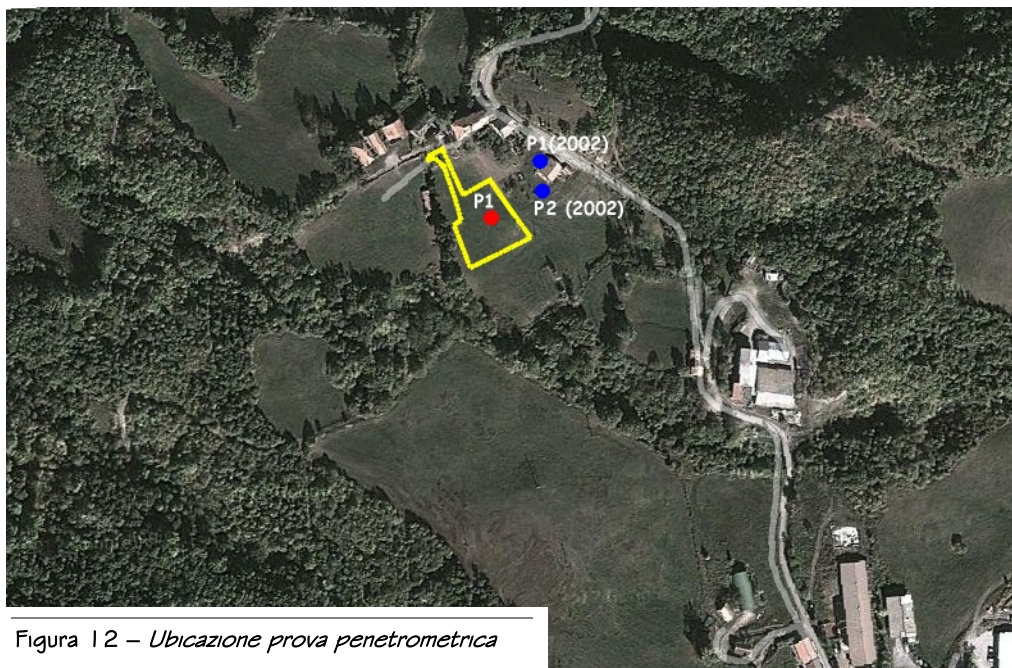


Figura 12 – Ubicazione prova penetrometrica

Sulla base dei dati relativi al sondaggio penetrometrico eseguito e ai sondaggi a disposizione, si può individuare la presenza di uno strato detritico di copertura, avente verosimilmente spessore crescente dalla zona a nord, prospiciente la strada, verso sud, in corrispondenza dell'area d'interesse, con valori minimi di circa 2.5-3.0 m, nella zona marginale più prossima alla strada (sondaggio P1 - 2002), caratterizzata da maggiori pendenze e valori progressivamente crescenti, fino a circa 9.50 - 10.0 m, in corrispondenza del lotto in oggetto; tali depositi sono quindi seguiti da materiale più competente, costituito dal substrato marnoso.

Con riferimento alle due indagini eseguite nel lotto attiguo nel luglio 2002, si segnala che in corrispondenza del sondaggio P1, posto nella zona più prossima alla strada, la prova si era arrestata a 3.6 m dal p.d.c. per rifiuto, mentre la prova P2 era stata interrotta a 6.8 m dal p.d.c., perché l'attrito laterale aveva assunto valori troppo elevati per poter ritenere valide le misurazioni.

Da un punto di vista geotecnico, l'indagine eseguita ha evidenziato la presenza di un primo strato, sino a circa 1.8 m di profondità, con valori di R_p scadenti (R_p medio pari a 10 Kg/cm^2 e C_u pari a 0.5 Kg/cm^2), un secondo intervallo, compreso tra 1.80 m e 4.20, in cui si ha un miglioramento delle caratteristiche di resistenza meccanica, con R_p che si mantiene mediamente intorno ai 15.5 Kg/cm^2 , tranne che intorno a 3.0 m dove scende a 11.8 Kg/cm^2 e valori medi di $C_u > 0.8 \text{ Kg/cm}^2$ ed un terzo intervallo, compreso tra 4.2 m e 9.0 m di profondità, in cui i valori di R_p sono complessivamente buoni, mantenendosi sempre sopra ai 20.0 Kg/cm^2 tranne che alla profondità di 5.2 m dove si registra un valore di 16.6 (R_p medio 23 Kg/cm^2 e coesione non drenata $C_u > 1.1 \text{ Kg/cm}^2$). Oltre i 9.0 m di profondità i valori di resistenza meccanica sono oltre i 30 Kg/cm^2 .

Un eventuale intervento edificatorio che superasse i primi 1.8 m di profondità, potrebbe quindi usufruire di un Kt intorno a 1.5 Kg/cm².

Nella tabella seguente si riportano schematicamente alcune informazioni relative alla prova eseguita, indicando:

- la profondità cui la stessa si è arrestata
- la profondità cui si registra il valore minimo di Rd
- il valore minimo di Rd
- il valore minimo di Rp

NUMERO PROVA	PROFONDITÀ FINE PROVA (m)	PROFONDITÀ Rd MINIMO (m)	Rd MINIMO (Kg/cm ²)	RP MINIMO (Kg/cm ²)	CU MINIMO (Kg/cm ²)
I	9.90	1.50 - 1.80	20.82	8.33	0.42

Si è scelto di riportare i valori minimi di Rd e Rp statico, allo scopo di evidenziare le condizioni più critiche presenti nelle aree d'indagine, ponendosi quindi nelle condizioni di maggiore cautela, per quanto riguarda le successive considerazioni di tipo geotecnico.

Durante l'esecuzione del sondaggio penetrometrico, non è stata rinvenuta la presenza di acqua all'interno del foro di sondaggio della prova, stante anche il periodo particolarmente siccitoso.

In occasione delle indagini eseguite in passato nel lotto attiguo, all'interno del foro di sondaggio più prossimo alla strada, si era evidenziata la presenza di acqua alla profondità di circa 3.0 m dal p.d.c, al passaggio tra terreni di copertura e substrato. In generale i terreni presenti risultano dotati di un discreto grado di permeabilità, che consente un discreto drenaggio delle acque d'infiltrazione superficiale; ristagni d'acqua possono crearsi al passaggio dai terreni superficiali di copertura, dotati di una buona permeabilità, al substrato sottostante, che seppur caratterizzato da una propria permeabilità, legata all'intensa fratturazione che lo caratterizza, presenta tuttavia permeabilità inferiore a quella dei terreni sovrastanti.

I dati forniti dalla campagna geognostica eseguita, unitamente ai dati consultati relativi alle prove eseguite nel lotto attiguo, permettono di fare le seguenti considerazioni:

- lo spessore del materiale di copertura risulta progressivamente crescente dalla zona prossima alla strada Via Diga fino all'area occupata dal lotto in esame, dove si sono riconosciuti spessori del terreno di copertura pari a circa 9.0 - 10 m;
- da un punto di vista stratigrafico, al di sotto della coltre detritica superficiale, si rileva la presenza dei terreni del substrato costituiti, da marne e calcari, nella parte di monte - dove ci si trova probabilmente in presenza di un orizzonte a componente presumibilmente più calcarea, - da marne meno coerenti, nella zona più a valle del lotto, dove maggiore risulta la componente argillosa; tale dato trova per altro conferma anche nella morfologia dell'area, dove si riconosce una zona di monte, a ridosso della strada, con pendenze

maggiori, ed una zona più a valle, dove le pendenze sono invece meno acclivi fino ad essere debolmente pendenti.

- le caratteristiche geotecniche dei terreni analizzati, risultano complessivamente discrete, con valori di resistenza meccanica che se nell'area prossima alla strada possono ritenersi buoni già a bassa profondità dal p.d.c. (2.5 m), in corrispondenza del lotto d'indagine, risultano discreti sino a circa 4.2 m, buoni oltre tale profondità.
- già intorno a 1.8 m di profondità si hanno valori di capacità portante del terreno di fondazione (Kt) buoni, con valori superiori a 1.5 Kg/cm^2 .

3.2 VERIFICA DI STABILITA' DELL'AREA

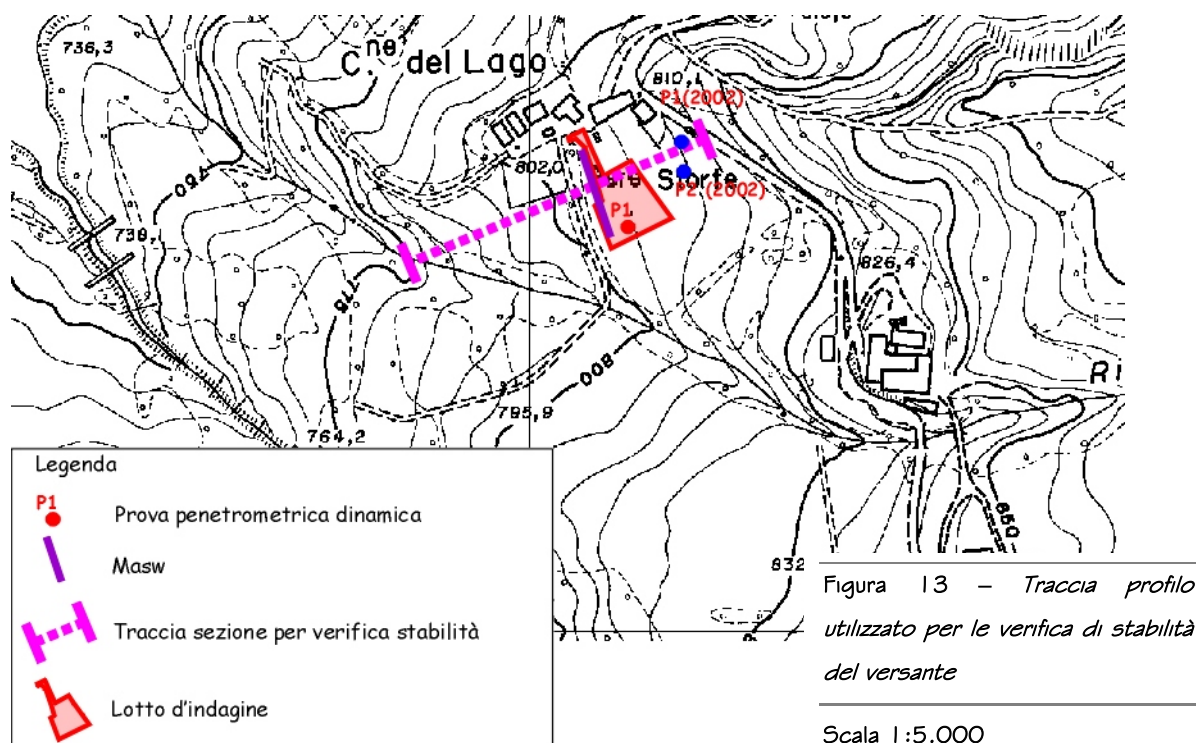
La valutazione delle condizioni di stabilità dell'area in esame è stata effettuata attraverso l'analisi bibliografica e direttamente, attraverso un rilievo sul campo delle condizioni esistenti nel sito specifico d'intervento ed in un suo congruo intorno.

Come già esplicitato nei capitoli 1.1 relativo alla Geomorfologia della zona, il lotto in esame si colloca in un'area caratterizzata da una frana quiescente; dal sopralluogo effettuato sull'area e nelle zone limitrofe, oltre che dalle conoscenze acquisite in occasione della realizzazione di un'abitazione nel lotto attiguo a quello in esame, compreso tra l'area in esame e la strada comunale Via Diga, si ritiene che dalla perimetrazione del corpo franoso dovrebbe essere escluso l'abitato di "Pere Storte", collocato sulla parte terminale della dorsale costituita da roccia affiorante e riconoscibile quale elemento di separazione tra il corpo di frana quiescente posto a nord e quello posto a sud, così come anche la strada comunale e l'area immediatamente a valle della stessa, dove le indagini geognostiche eseguite in passato e gli scavi effettuati per la realizzazione dell'edificio, hanno evidenziato la presenza di bassi spessori di terreno detritico di copertura e del substrato già a basse profondità.

Come previsto dalla Del. 112 oggetto n. 2131 del 02/05/2007 per l'area in esame è stato eseguito un approfondimento di III° Livello, finalizzato a verificare la stabilità del pendio sul quale si colloca l'area in studio.

Considerata la morfologia dell'area, per l'esecuzione delle verifiche di stabilità è stato preso in esame il profilo del versante, nel tratto interessato dall'intervento, lungo la direzione di massima pendenza che segue l'andamento della frana quiescente cartografata nella Carta del Dissesto del PTCP 2009.

In figura 13 è riportata la traccia del profilo sul quale è stata eseguita la verifica.



Per la caratterizzazione dei terreni che costituiscono il versante, in particolare per la determinazione della profondità del substrato, la stratigrafia e le proprietà geotecniche dei terreni costituenti i vari strati, si è fatto riferimento a dati bibliografici ed ai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area e nel lotto attiguo.

La stratigrafia del versante è stata sintetizzata nel seguente modello:

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia	
1	0,1	22	1800	1900	Detrito di versante	
2	0,2	25	2300	2300	Substrato	

Nell'esecuzione delle verifiche di stabilità è stata definita la superficie di scivolamento critica in corrispondenza del contatto tra il detrito di versante ed il substrato, il cui andamento è stato desunto sulla base di dati bibliografici, dall'osservazione della Carta Geologica e sulla base dei risultati dell'indagine geofisica e geognostica.

In via cautelativa, le verifiche di stabilità sono state condotte in condizioni di massima criticità, non sempre rispondenti con la situazione reale, al fine tuttavia di caratterizzare l'area nelle peggiori condizioni ipotizzabili. In particolare:

- si è deciso di utilizzare valori dei parametri geotecnici dei terreni che costituiscono i diversi strati, inferiori rispetto a quelli ottenuti con le indagini geognostiche, ponendosi pertanto nelle condizioni di massima criticità;
- l'analisi di stabilità è stata eseguita nelle condizioni più critiche di terreno saturo e falda posta in prossimità del piano campagna, nonostante non sia stata rilevata la presenza di acqua durante l'esecuzione delle indagini eseguite;
- è stato inoltre ipotizzato un sovraccarico sul versante corrispondente ad un presunto intervento edificatorio che trasmette al terreno un peso di 1.5 Kg/cm^2 , sebbene nelle intenzioni della proprietà vi sia l'ipotesi di realizzazione di un edificio unifamiliare ad uno o due piani con struttura in legno, dotata al massimo di un piano in c.a., che trasmetterebbe pertanto al terreno un carico notevolmente inferiore.

Le verifiche sono state eseguite in condizioni sismiche, impiegando il software "Slope" della Geostru, ed utilizzando il Metodo di Morgenstern - Price.

Analisi di stabilità dei pendii con MORGENSTERN-PRICE

Lat./Long.	44,273644/10,517359
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conici	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1541,76 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1304,47 m
Ascissa vertice destro superiore xs	1658,07 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1403,38 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T I

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	FO [-]	TC* [sec]
----------------------	-------------------------------	---------------------------	-----------	--------------

S.L.O.	30,0	0,6	2,45	0,25
S.L.D.	50,0	0,76	2,44	0,26
S.L.V.	475,0	1,86	2,41	0,29
S.L.C.	975,0	2,34	2,42	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,72	0,18	0,0132	0,0066
S.L.D.	0,912	0,18	0,0167	0,0084
S.L.V.	2,232	0,24	0,0546	0,0273
S.L.C.	2,7355	0,31	0,0865	0,0432

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,0546

Coefficiente azione sismica verticale

0,0273

Vertici profilo

N	X m	y m
1	1541,69	1164,43
2	1551,17	1169,43
3	1567,12	1174,43
4	1588,85	1179,43
5	1609,74	1184,43
6	1645,0	1189,43
7	1700,05	1194,43
8	1735,47	1199,43
9	1752,27	1204,43
10	1760,69	1204,43

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	1542,14	1160,04
2	1553,62	1164,69
3	1570,29	1170,43
4	1592,97	1176,17
5	1612,93	1180,27
6	1648,73	1184,64
7	1702,84	1190,38
8	1737,83	1194,76
9	1753,41	1198,85
10	1762,43	1201,04

Vertici strato I

N	X (m)	y (m)
1	1541,69	1151,05
2	1573,67	1163,44
3	1617,05	1174,36
4	1704,81	1183,99
5	1717,69	1187,84
6	1727,18	1192,44
7	1735,47	1199,43
8	1752,27	1204,43
9	1760,69	1204,43

Carichi distribuiti

N°	x _l (m)	y _l (m)	x _f (m)	y _f (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	1653,17	1190,33	1668,17	1191,692	1,5

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,38
Ascissa centro superficie	1576,65 m
Ordinata centro superficie	1383,6 m
Raggio superficie	212,8 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; L_i: Lunghezza della base del concio; W_i: Peso del concio; U_i: Forze derivanti dalle pressioni neutre; N_i: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; T_i: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; E_i, E_{i-1}: Forze agenti normalmente alle facce del concio; X_i, X_{i-1}: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

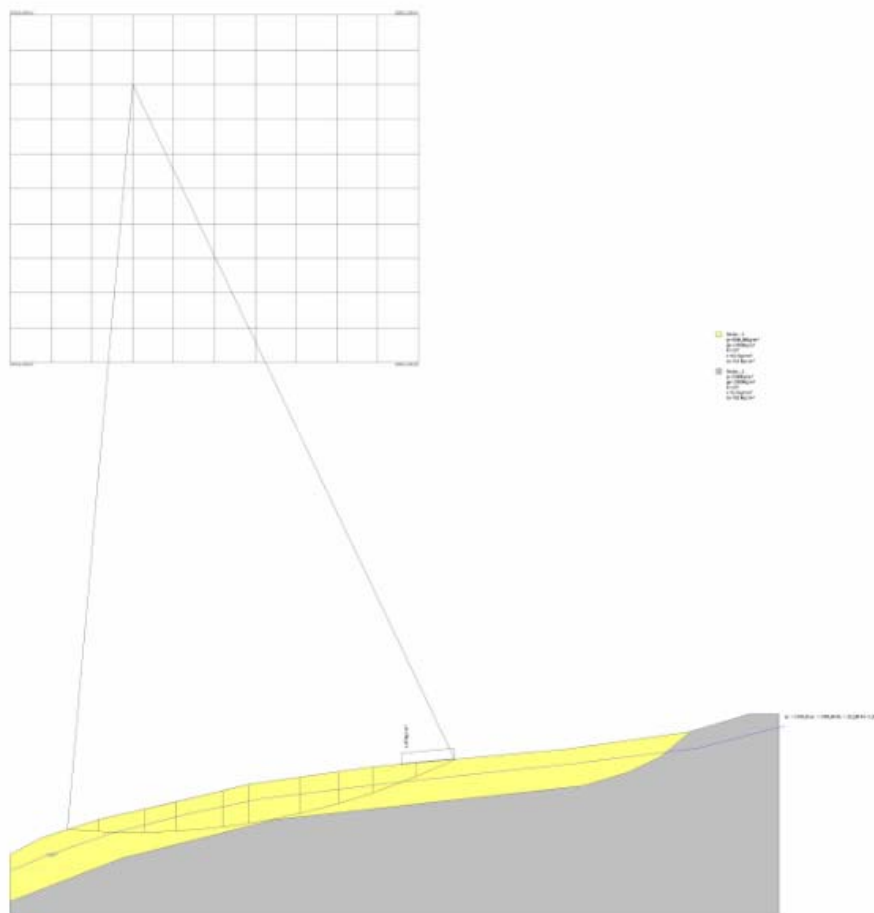
Analisi dei conci. Superficie...xc = 1576,65 | yc = 1383,597 Rc = 212,801 Fs=1,3793

Lambda = 0,235

Nr.	B m	Alfa (°)	L _i m	W _i (Kg)
1	9,02	-3,78	9,04	28561,56
2	13,02	-0,82	13,02	120431,1
3	8,71	2,12	8,71	120051,3
4	13,34	5,09	13,39	232240,2
5	7,55	7,92	7,63	150074,8
6	14,49	10,93	14,76	290680,2
7	11,02	14,45	11,38	198575,8
8	9,75	17,36	10,21	147927,0
9	12,29	20,5	13,12	189375,3
10	11,02	23,89	12,05	203511,5

Sforzi sui conci

Nr.	X _i (Kg)	E _i (Kg)	X _{i-1} (Kg)	E _{i-1} (Kg)	N _i (Kg)	T _i (Kg)	U _i (Kg)
1	4038,28	17157,55	0,0	0,0	24220,34	12408,55	0,0
2	12660,2	53789,73	4038,28	17157,55	108672,0	37519,99	459,59
3	17552,27	74574,83	12660,2	53789,73	92011,56	30243,47	3084,11
4	22743,1	96629,27	17552,27	74574,83	165572,4	52913,41	5058,72
5	22865,57	97149,61	22743,1	96629,27	105653,7	33160,11	6014,89
6	21518,61	91426,73	22865,57	97149,61	200230,8	63044,15	6112,06
7	17744,59	75391,93	21518,61	91426,73	139881,1	44749,23	4798,34
8	13909,03	59095,7	17744,59	75391,93	109686,7	35939,92	3107,79
9	8433,89	35833,3	13909,03	59095,7	167219,1	53178,05	636,96
10	180,08	765,11	8433,89	35833,3	180001,2	55875,93	0,0



Il pendio risulta verificato con $F_s = 1,38$.

Sulla base dell'indagine geognostica e di stabilità eseguite, l'area considerata si ritiene quindi dotata di terreni che consentirebbero l'edificazione con interventi di normale impiego, senza alterare le condizioni di stabilità delle aree circostanti.

4. SISMICITÀ

4.1 NORMATIVA SISMICA

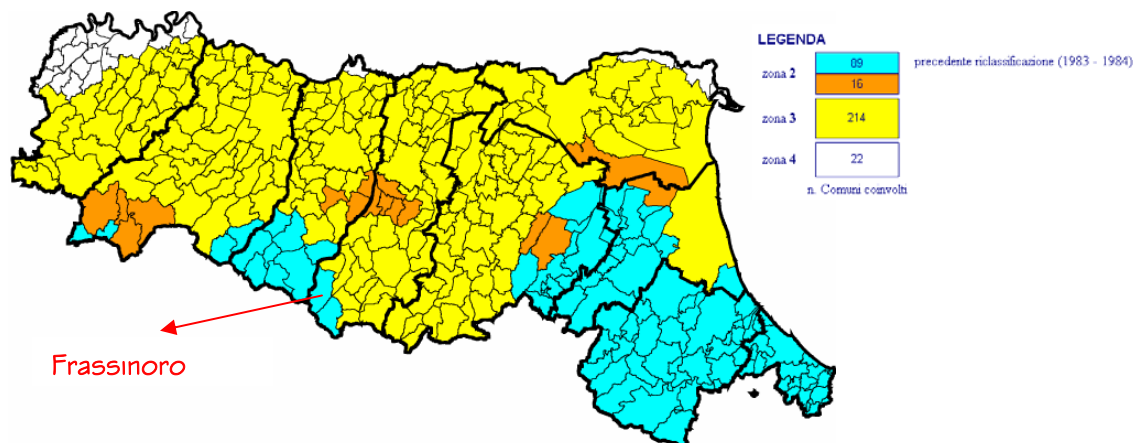
L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS).

L'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20-3-2003 e s.m.i., "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", disciplina la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento e miglioramento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni.

Con la Delibera della Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna n. 1677/2005 si dà atto che a decorrere dal 25 ottobre trova attuazione la classificazione sismica dei comuni della regione, stabilita dall'OPCM n. 3274/2003, in via di prima applicazione e comunque fino alla deliberazione regionale di individuazione delle zone sismiche; il territorio comunale di Frassinoro ricade in zona 2.

Secondo quanto stabilito dall'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20-3-2003 e s.m.i., il sito di costruzione ed i terreni in esso presenti dovranno in generale essere esenti da rischi di instabilità di pendii e di cedimenti permanenti causati da fenomeni di liquefazione o eccessivo addensamento in caso di terremoto. L'occorrenza di tali fenomeni andrà valutata con opportune indagini geognostiche il cui scopo sarà anche quello di classificare il terreno di fondazione in diverse categorie contraddistinte da differente risposta sismica locale.

Il sito verrà classificato sulla base del valore di V_{s30} se disponibile, altrimenti sulla base del valore di N_{SPT} .



L'entrata in vigore della nuova normativa tecnica per la progettazione in zone sismiche è avvenuta, dopo diverse proroghe, per tutto il territorio nazionale il giorno 23.10.2005, giorno di entrata in vigore del D.M. 14.09.2005, inerente il Testo Unico sulle Norme Tecniche per le Costruzioni; tale normativa è stata tuttavia sottoposta a successiva revisione fino a giungere all'approvazione del decreto 14 gennaio 2008 *"Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"* del Ministro delle infrastrutture, di concerto con il Ministro dell'Interno e con il Capo Dipartimento della Protezione Civile pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 – Supplemento Ordinario n. 30.

Le nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al decreto 14 gennaio 2008, sostituiscono di fatto quelle approvate con il decreto ministeriale 14 settembre 2005 (art. 1); la loro definitiva entrata in vigore è avvenuta a partire dal 1° Luglio 2009, come stabilito dalla Legge n. 77 del 24 giugno 2009 recante *"Interventi urgenti a favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici della regione Abruzzo nel mese di Aprile 2009 ed ulteriori interventi urgenti di protezione civile"*.

Secondo quanto stabilito dal Cap. 3.2 delle NTC, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria **A** quale definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S^e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla *pericolosità sismica* del sito.

Ai fini dell'applicazione delle NTC, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alle NTC, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g , F_0 e T^*_c necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Come stabilito al punto 3.2.2 *"Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche"*, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o, in assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, da definire tra le seguenti:

- A - *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore max pari a 3 m.
- B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensate o terreni a grana fina molto consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- D - *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (ovvero $N_{SPT} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_u < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
- E - *Terreni dei sottosuoli di tipo C e D per spessore non superiore a 20 m*, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).
- S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s (ovvero $10 < c_u < 70$ kPa), o che includono, uno strato spesso almeno 8 m di terreni a grana fine a bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
- S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini dell'identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata; nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*) $NSPT_{30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente c_u_{30} nei terreni prevalentemente a grana fina.

4.2 SISMICITÀ DEL TERRITORIO DI FRASSINORO

La sismicità non è omogeneamente diffusa su tutto il territorio provinciale.

Le zone in cui si concentra l'attività sismica sono il margine appenninico – padano, la cui attività è presumibilmente legata al fronte del trust pedeappenninico (Boccaletti et al., 1985; Boccaletti et al., 2004), la parte settentrionale della pianura, cioè la zona al di sopra della dorsale attiva delle Pieghe Ferraresi (dorsale sepolta che forma un arco tra Reggio Emilia e Ravenna) e delle Pieghe Emiliane (Pieri & Groppi, 1981), e l'alto Appennino dove si risente sia della sismicità locale, presumibilmente legata all'attività di strutture superficiali e del basamento, sia della sismicità Garfagnana.

Il territorio del Comune di Frassinoro è stato inserito nella classificazione sismica dei comuni della regione in zona 2, a sismicità medio-alta.

Con riferimento agli strumenti di pianificazione sovraordinata, si ricorda che il PTCP della Provincia di Modena ha affrontato il tema della pericolosità sismica locale nell'ambito della stesura della Variante Generale al PTCP, producendo la Tavola 2.2 del "Rischio Sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali".

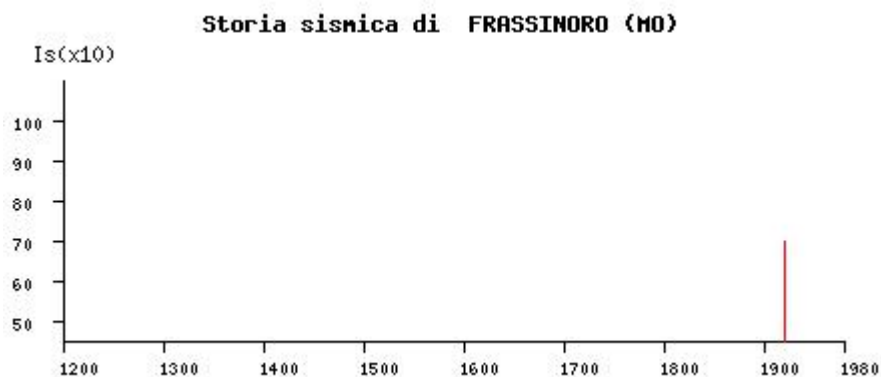
Nella cartografia suddetta vengono indicati oltre agli effetti attesi in caso di sisma, anche gli studi ed approfondimenti specifici da eseguire sulle singole aree; l'area in esame viene classificata come "Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche".

Per la consultazione della cartografia si rimanda alla precedente Figura 11 in cui è riportato uno stralcio relativamente all'area d'interesse.

Secondo la cartografia suddetta, le condizioni geologiche e stratigrafiche dell'area in esame sono tali da rendere possibile il rischio di amplificazione del moto sismico.

La storia sismica di Frassinoro è stata desunta da "DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno", database realizzato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti che contiene i dati macrosismici provenienti da studi dello stesso GNDT e di altri enti; essa è riassunta graficamente nel diagramma seguente, mentre nella tabella sono elencati gli eventi di maggior intensità al sito ($I_s > VII$ grado della scala MCS), indicando, per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al sito: l'anno (Ye), il mese (Mo), il giorno (Da), l'ora (Ho) ed, eventualmente, il minuto (Mi) in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale x 10 in scala MCS (I_x), e la magnitudo calcolata sulle onde di superficie (M_s).

Si riportano poi le osservazioni sismiche disponibili elencate per valori di intensità al sito (I_s) decrescenti; nella tabella seguente, oltre alla stessa intensità al sito (I_s), compaiono l'anno (Ye), il mese (Mo), il giorno (Da), l'ora (Ho) ed, eventualmente, il minuto (Mi) in cui si è verificato il terremoto, l'intensità massima epicentrale x 10 in scala MCS (I_x) e la magnitudo calcolata sulle onde di superficie (M_s).



Data	Effetti	in occasione del terremoto di:	
Ye Mo Da Ho Mi	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix Ms
1920/09/07 05 55	70	GARFAGNANA	100 65
1925/03/15 17 15	45	FRASSINORO	45 44
1899/06/26 23 18	40	PISTOIESE	75 50
1965/11/09 15 35	40	ALTA V. SECCHIA	50 48
1898/03/04	35	CALESTANO	70 47
1929/04/20 01 09	30	BOLOGNESE	75 54
1931/06/10 17 02	25	MODENESE	40 45
1911/09/13 22 29	NF	CHIANTI	75 47

Tabella 1 - Eventi di maggior intensità al sito (Is>VII grado della scala MCS), Comune di Frassinoro

Dalla lettura di Tabella 1 si evidenzia che il massimo evento sismico censito a nel Comune di Frassinoro si è verificato il 20 Settembre 1920 con un'intensità dell'VII grado della scala MCS. L'epicentro (cfr. Fig. 14) venne identificato in Garfagnana; il terremoto è stato caratterizzato da una magnitudo calcolata sulle onde di superficie (Ms) pari a 7,0

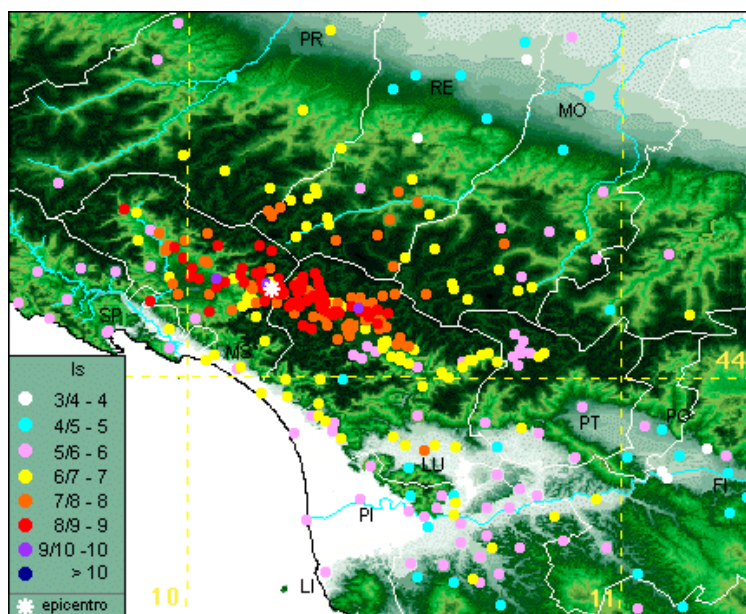


Figura 14 - Epicentro sisma del 7 Settembre 1920.

4.3 SISMICITÀ DEL SITO D'INDAGINE

Per la determinazione della categoria del suolo di fondazione del sito su cui è ubicato il fabbricato oggetto di ristrutturazione, è stata condotta sul sito in esame, una campagna sismica con metodo MASW di tipo attivo; l'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire da piano campagna (V_{s30}), in riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio (N.t.c. 23/09/05), al D.m. 14/01/08 ("Nuove norme tecniche per la costruzione") ed alla delibera G.R.E.R. (n. 1677 del 24/10/05).

Di seguito si riportano la metodologia della ricerca e i risultati dell'indagine eseguita.

4.3.1 Metodo d'indagine

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente. L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (V_s) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

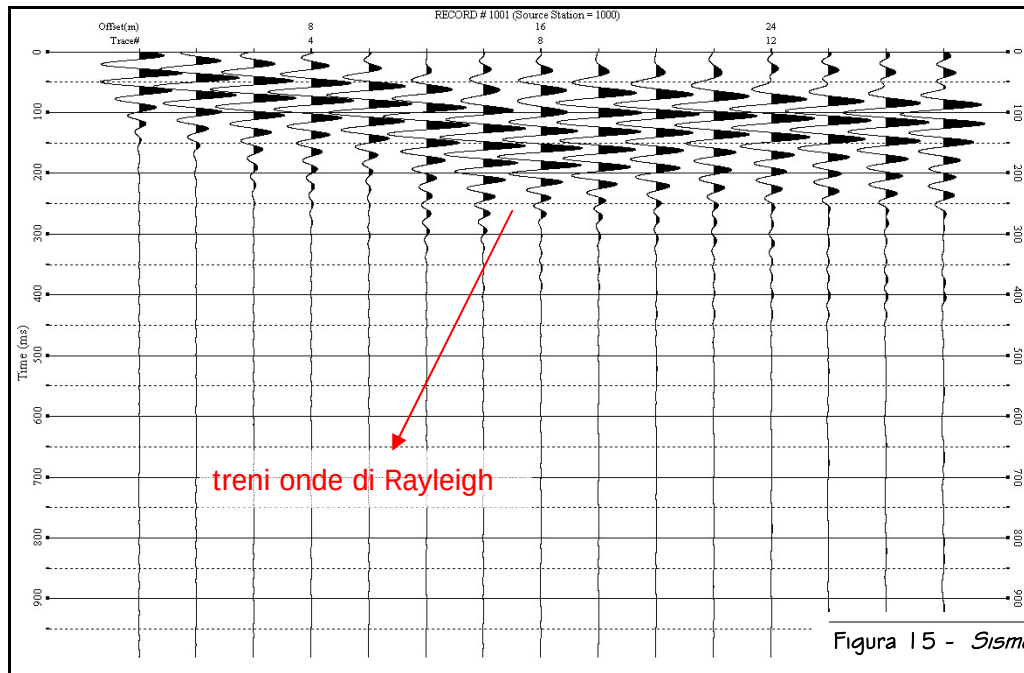
L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma ID (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (V_p).

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore.

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri.



La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

Nella campagna di indagine realizzata per il presente lavoro, è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni, utilizzando tutto lo spazio a disposizione, con spaziatura tra i geofoni di 2,0 metri per una lunghezza della linea sismica di 46 metri. L'energizzazione è stata eseguita a 2,0 e 10,0 metri dal primo e dall'ultimo geofono. Per ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva dei sismogrammi sono stati sommati più tiri.

L'ubicazione dello stendimento è riportata nella successiva figura 16.

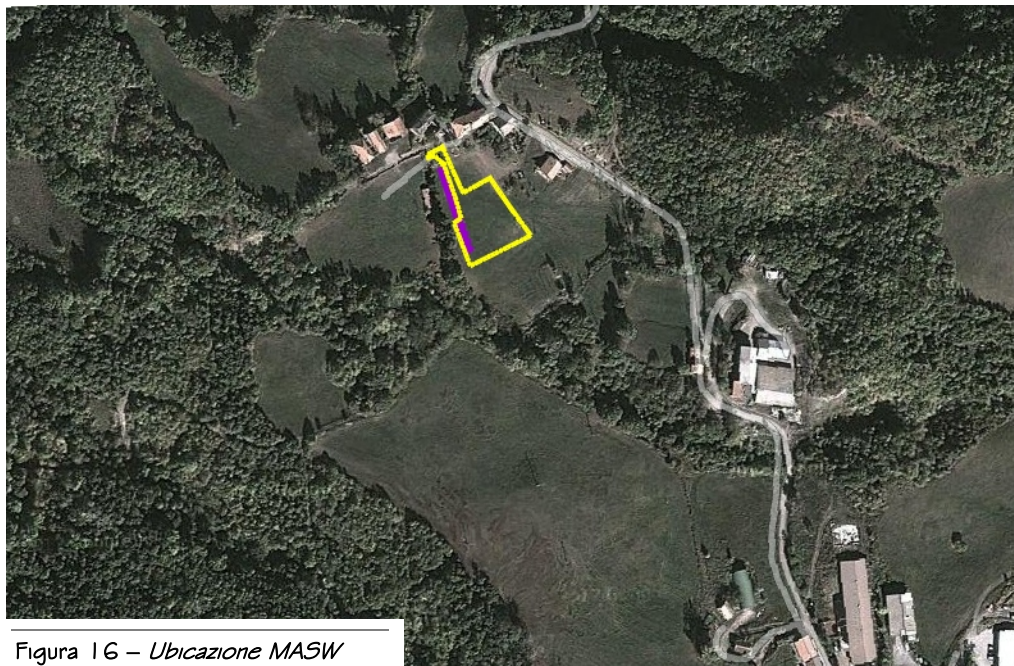


Figura 16 – Ubicazione MASW

4.3.2 Strumentazione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "PASI 16S24-U", dotato di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.

Lo strumento è in grado di gestire l'acquisizione simultanea su 24 canali e di rilevare l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono starter. È inoltre equipaggiato di software proprietario in grado di gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtri delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma e sottrazione di ulteriori sismogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza del peso di 8 kg e una piastra di battuta di alluminio.

4.3.3 Elaborazione

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (Winmasw 4.6 – EliaSoft) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il sismogramma nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri "passa basso", "passa

alto", "passa banda", "taglia banda", il "muting" e l'ACG. Inoltre tramite le curve di attenuazione delle onde superficiale è possibile valutare con maggior precisione la qualità dei dati acquisiti.

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.

Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile, dei modi superiori.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

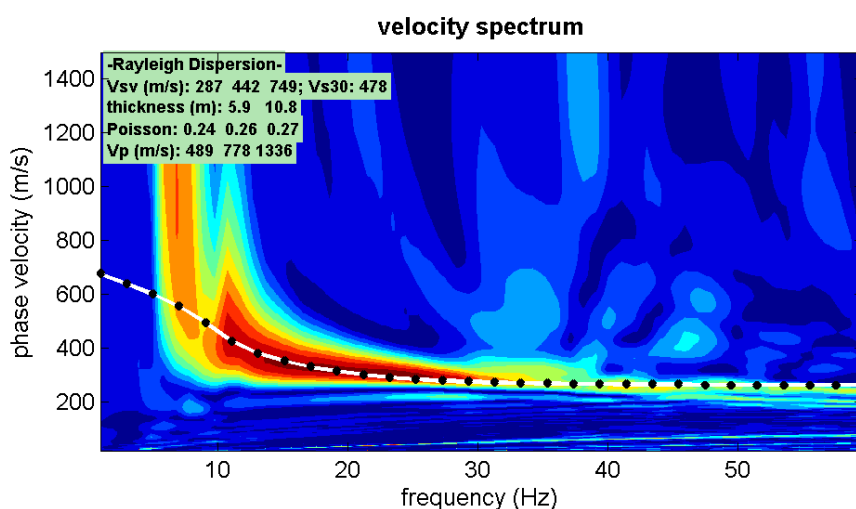


Figura 17 – Diagramma della curva di dispersione

L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di procedimenti calcolo e algoritmi genetici di inversione (global-search methods), che gestiscono all'interno di un "spazio di ricerca", modelli caratterizzati da parametri velocità di taglio (Vs) e spessori degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume (Vp) che, assieme a spessore degli sismostrati e relative Vs, possono venire modificati anche manualmente. Tramite interazioni successive si ottiene un modello di inversione in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata. Viene inoltre restituita una stima dell'attendibilità (deviazione standard) del modello proposto ottenuta con tecniche statistiche.

Avendo a disposizione i risultati della prova penetrometrica dinamica eseguita sul sito, oltre ai dati di alcune altre prove eseguite in area attigua a quella d'indagine, è stato possibile impostare un modello geologico/geofisico con il quale definire parametri quali lo spessore degli strati e coefficiente di Poisson. Tale modello consente una più accurata inversione dei dati di campagna e di conseguenza una migliore definizione della sismostratigrafia del sito.

In conclusione viene restituito un diagramma (ID) delle velocità delle onde di taglio (Vs) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle Vs30 e correlazione al tipo di terreno, come da normativa.

Va ricordato che il diagramma ID mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

4.3.4 Risultati - determinazione delle categoria del suolo di fondazione

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{s30} per la sezione indagata. Il valore di V_{s30} è riferito ai primi 30 m a partire dal piano campagna.

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-3.3	3.3	215
-7.3	4	245
-10.8	3.5	350
-30.0	19.2	984

Dall'indagine eseguita è stato calcolato un valore V_{s30} pari a **491 m/sec**.

Secondo normativa la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la **B**:

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Di seguito è riportato il diagramma velocità V_s /profondità misurato.

Dai dati raccolti e dalle indagini eseguite (cfr. anche paragrafo 3.2) è possibile affermare che per l'area in studio si possono escludere effetti locali indotti da sisma quali instabilità (come verificato nel precedente paragrafo 3.2), cedimenti per addensamento o per fenomeni di liquefazione.

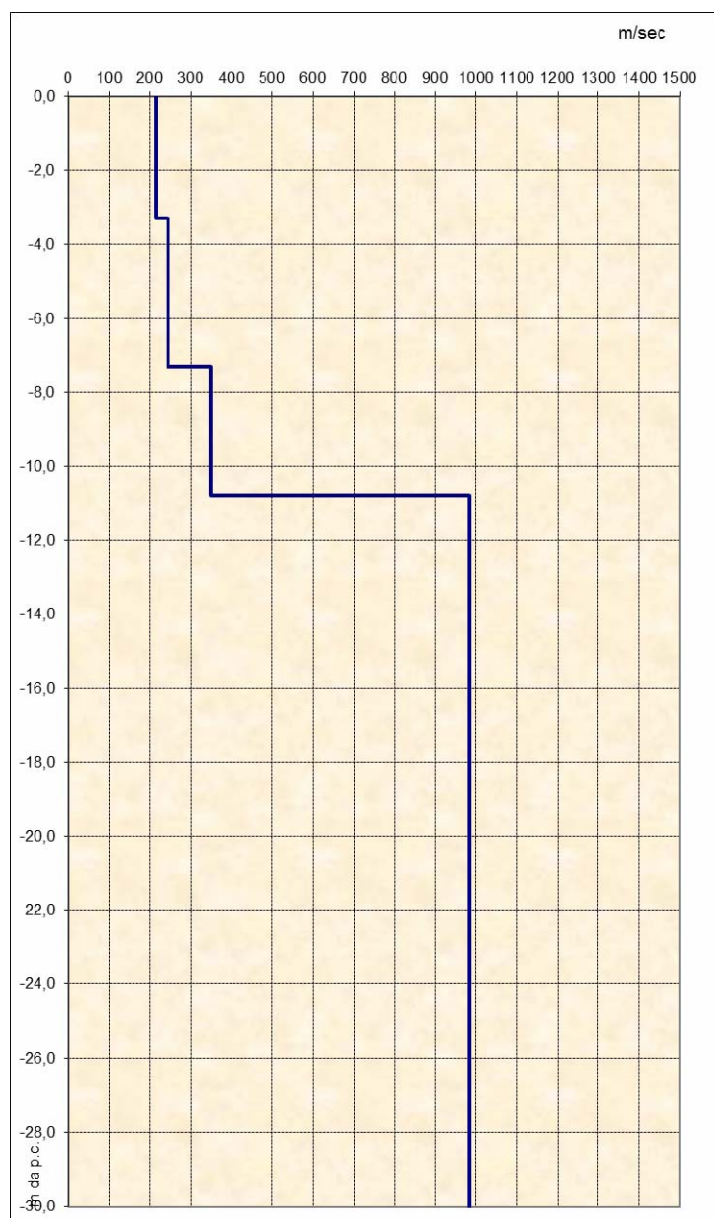


Figura 18 – Diagramma
velocità Vs/profondità

4.4 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'analisi della risposta sismica locale è stata condotta nel rispetto dell'Allegato A3 della DAL RER 112/2007, utilizzando il codice di calcolo EERA (Bardet et al., 2000) ed i tre accelerogrammi selezionati dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Frassinoro:

- (1) - 000046xa_036016Frassinoro.xy;
- (2) - 000126xa_036016Frassinoro.xy;
- (3) - 000354xa_036016Frassinoro.xy.

Il profilo stratigrafico, geotecnico e sismico è stato dedotto dai risultati della prova penetrometrica dinamica e da quelli della verticale MASW, entrambe effettuate nel sito

d'indagine, e di seguito riportato nella versione grafica predisposta per il codice EERA (Figura 19).

Fundamental period (s) = 0,14 Average shear wave velocity (m/sec) = 250,83 Total number of sublayers = 4												
	Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m ³)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1		4,2	83,17		17,65	215			2,1	37,06
	2	1		3,1	113,99		18,63	245			5,8	103,01
	3	1		1,7	232,64		18,63	350			8,1	147,72
Bedrock	4	0			2225,71	1	22,55	984	Outcrop		9,0	163,55

Figura 19 – Profilo stratigrafico, geotecnico e sismico.

Le curve di stress-deformazione e di smorzamento-deformazione utilizzate sono proprie del tipo di materiale I (overo Modulus for clay (Seed and Sun, 1989) upper range and damping for clay (Idriss 1990), essendo il materiale detritico, al di sopra del bedrock sismico (individuato a - 9m), costituito da materiale di alterazione delle argilliti variegate.

Il numero di iterazioni, selezionato affinché il modulo di taglio ed il rapporto di smorzamento siano consistenti con il livello di deformazione indotto dal sisma di riferimento in ogni strato, è pari ad 8. La magnitudo del sisma atteso è stata presa pari a 5,5 dal grafico di disaggregazione di $a(g)$ dell'INGV, per un livello di pericolosità pari al 10% di probabilità di superamento di $a(g)$ in 50 anni. Il rapporto tra la deformazione di taglio effettiva e quella massima è risultato pari a 0,45.

La convergenza è stata raggiunta con errore percentuale compreso tra 7,76E-05 e 0,000155.

I valori di PGA e di Intensità di Housner (IS) ottenuti in superficie dalle tre analisi di risposta sismica locale, generate utilizzando i tre accelerogrammi regionali, sono riportati nella tabella seguente; in essa sono anche stati evidenziati i fattori di amplificazione della PGA e di IS tra bedrock sismico e superficie.

	000046xa	000126xa	000354xa
PGA	1,74	1,61	2,45
PGA ₀	0,62	0,43	0,61
PGA/PGA ₀	2,81	3,71	4
IS _(0,1-0,5)	41,22	36,71	52,84
IS _{0(0,1-0,5)}	26,19	20,36	25,75
IS/IS _{0(0,1-0,5)}	1,57	1,8	2
IS _(0,5-1)	29,9	22,21	33,36
IS _{0(0,5-1)}	25,63	17,77	28,73
IS/IS _{0(0,5-1)}	1,17	1,25	1,16

5. VALUTAZIONI CONCLUSIVE IN MERITO ALLA COMPATIBILITÀ GEOLOGICO-AMBIENTALE DELLA PROPOSTA DI VARIANTE AL PRG DI FRASSINORO

La presente relazione è stata redatta a supporto della Variante Generale al P.R.G. di Frassinoro ed è relativa ad un'area posta nella frazione di Fontanaluccia, in località Pere Storte, per la quale si chiede l'inserimento in "Zone di completamento – B1"; in particolare il lotto in esame si pone in continuità con la parte già edificata della borgata, sviluppandosi nella zona di monte.

Sul lotto, che presenta dimensioni contenute, la proprietà ha manifestato l'interesse a realizzare un intervento edificatorio di modeste dimensioni, orientando preferibilmente la propria scelta su una tipologia di fabbricato monofamiliare con struttura principale in legno, ad uno o due piani, con eventuale basamento in c.a.

L'analisi degli strumenti di pianificazione sovraordinata, ha evidenziato l'assenza di vincoli che pongano un limite alla trasformabilità del lotto, che sorge tuttavia su di un'area caratterizzata da un corpo di frana quiescente, perimetrato sia dal PTCP che dal PRG vigente.

Ai sensi dell'art. 15 delle NTA del PTCP, entro tali aree

"I Comuni, nella fase di formazione del Piano Strutturale Comunale, possono consentire e regolamentare, compatibilmente con le specifiche norme di zona ed in subordine ad una verifica complessiva volta a dimostrare la non influenza negativa sulle condizioni di stabilità del versante e di rischio per la pubblica incolumità b. interventi di non rilevante estensione a completamento degli insediamenti urbani, e solamente ove si dimostri:

b.1 l'esistenza e/o il permanere di quote di fabbisogno non altrimenti soddisfacenti;

b.2 la compatibilità delle predette individuazioni con la tutela delle caratteristiche paesaggistiche generali dei siti interessati e con quella di singoli elementi fisici, biologici, antropici di interesse culturale in essi presenti, localizzando dette previsioni all'interno o in stretta contiguità al perimetro del Territorio Urbanizzato ed in presenza di adeguate reti infrastrutturali esistenti. In particolare, nel caso di interventi in stretta contiguità al perimetro del territorio urbanizzato, ai fini del non aumento dell'esposizione al rischio, la compatibilità con le condizioni di dissesto è accertata dalla Provincia nel corso del procedimento di formazione del Piano Strutturale Comunale.

L'analisi della cartografia provinciale ha inoltre evidenziato come il lotto in esame ricada all'interno delle "Aree potenzialmente instabili e soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche", per le quali è prescritto venga effettuata la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche. Per la microzonazione sismica sono previsti approfondimenti di III livello.

La presente indagine geologica-geotecnica e sismica ha avuto l'intento di analizzare tutti gli elementi geologico-ambientali che potessero in qualche modo influire sull'edificabilità del lotto d'indagine, al fine di verificarne l'idoneità alla trasformazione, senza che tale trasformazione pregiudichi le condizioni di stabilità generali dell'area in cui l'intervento si colloca, coerentemente con le condizioni imposte dalla normativa vigente.

A tal fine, in data 02/08/2012 è stata eseguita una prova penetrometrica dinamica super-pesante DPSH, posizionata nella zona cento-orientale del lotto, che ha consentito, unitamente ai dati relativi ad indagini eseguite nel lotto attiguo a disposizione della scrivente, di ricostruire la stratigrafia dell'area d'indagine, lo spessore della copertura ed i parametri geotecnici relativi ai terreni presenti; è stata inoltre eseguita una campagna sismica con metodo MASW di tipo attivo, con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire da piano campagna (V_{s30}), in riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio (N.t.c. 23/09/05), al D.m. 14/01/08 ("Nuove norme tecniche per la costruzione") ed alla delibera G.R.E.R. (n. 1677 del 24/10/05).

Sulla base dell'indagine geognostica si è evidenziato che nell'area lo spessore del materiale di copertura risulta progressivamente crescente dalla zona prossima alla strada Via Diga fino all'area occupata dal lotto in esame, dove si sono riconosciuti spessori del terreno di copertura pari a circa 9.0 – 10 m; al di sotto della coltre detritica superficiale, si rileva la presenza dei terreni del substrato costituiti, da marne a componente presumibilmente più calcarea, nella zona più prossima alla viabilità pubblica e marne meno coerenti, nella zona più a valle in cui è ubicato il lotto in esame, dove maggiore risulta la componente argillosa; tale dato trova per altro conferma anche nella morfologia dell'area, dove si riconosce una zona di monte, a ridosso della strada, con pendenze maggiori, contraddistinta quindi da materiali a maggior competenza ed una zona più a valle, dove le pendenze sono invece meno acclivi fino ad essere debolmente pendenti, con terreni più plastici e quindi più erodibili e modellabili.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni analizzati, sono risultate complessivamente discrete, con valori di resistenza meccanica che se nell'area prossima alla strada possono ritenersi buoni già a bassa profondità dal p.d.c. (2.5-3.0 m), in corrispondenza del lotto d'indagine, risultano discreti sino a circa 4.2 m, buoni oltre tale profondità.

Non è stata evidenziata la presenza di acqua nel foro di sondaggio, che però era stata segnalata in occasione della precedente campagna geognostica relativa al lotto attiguo; in tale situazione, la presenza di acqua era segnalata, in particolare, in corrispondenza del passaggio tra i terreni di copertura della coltre detritica, dotati di un discreto grado di permeabilità, che consente un discreto drenaggio delle acque d'infiltrazione superficiale ed i terreni del substrato marnoso sottostante, che seppur caratterizzato da una propria permeabilità, legata dell'intensa fratturazione che lo caratterizza, presenta tuttavia permeabilità inferiore a quella dei terreni sovrastanti.

Tale condizione può generare locali ristagni di acqua, che impongono pertanto una corretta regimazione delle acque meteoriche e d'infiltrazione, in occasione dell'esecuzione di interventi di trasformazione.

Ai sensi della Del. 112 oggetto n. 2131 del 02/05/2007 per l'area in esame è stato eseguito un approfondimento di III° Livello, finalizzato a verificare la stabilità del pendio sulla quale si colloca l'area in studio. Considerata la morfologia dell'area, per l'esecuzione delle verifiche di stabilità è stato preso in esame il profilo del versante, nel tratto interessato dall'intervento, lungo la direzione di massima pendenza che segue l'andamento della frana quiescente cartografata nella Carta del Dissesto del PTCP 2009.

Nella verifica di stabilità, eseguita in condizioni sismiche si sono assunte condizioni peggiorative rispetto alla situazione reale, al fine di verificare la stabilità dell'area nelle condizioni di massima criticità. In particolare:

- si è deciso di utilizzare, in via cautelativa, valori dei parametri geotecnici dei terreni che costituiscono i diversi strati, inferiori rispetto a quelli ottenuti con le indagini geognostiche, ponendosi pertanto nelle condizioni di massima criticità;
- l'analisi di stabilità è stata eseguita nelle condizioni più critiche di terreno saturo e falda posta in prossimità del piano campagna, nonostante non sia stata rilevata la presenza di acqua durante l'esecuzione delle indagini eseguite;
- è stato inoltre ipotizzato un sovraccarico sul versante corrispondente ad un presunto intervento edificatorio che trasmette al terreno un peso di 1.5 Kg/cm^2 , sebbene nelle intenzioni della proprietà vi sia l'ipotesi di realizzazione di un edificio unifamiliare ad uno o due piani con struttura in legno, dotata al massimo di un piano in c.a., che trasmetterebbe pertanto al terreno un carico notevolmente inferiore.

Alle condizioni sopra esposte il pendio è risulta verificato con $F_s = 1,38$.

L'indagine sismica eseguita ha verificato la presenza di una discontinuità significativa alla profondità di circa 10-11 m dal p.d.c., identificabile come il passaggio tra lo strato detritico di copertura e il substrato marnoso.

Dall'indagine sismica eseguita è stato calcolato un valore V_{s30} pari a 491 m/sec.

Secondo normativa la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B:

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT30 > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu30 > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).

E' stata infine effettuata l'analisi della risposta sismica locale, che ha consentito di definire i parametri sismici locali, tra cui anche i fattori di amplificazione della PGA e di IS tra bedrock sismico e superficie.

La trasformazione urbanistica proposta riguarderà pertanto un lotto di terreno di dimensioni contenute, in contiguità con l'urbanizzato, la cui urbanizzazione risulta del tutto compatibile con le tutele paesaggistiche generali delle aree interessate e con quelli dei singoli elementi e non apporta alcuna influenza negativa sulle condizioni di stabilità del versante e di rischio per la pubblica incolumità.

L'indagine condotta e le verifiche effettuate permettono infatti di ritenere che l'edificazione all'interno del lotto in esame, non comporterà alcuna alterazione della stabilità delle aree adiacenti, ne tantomeno potrà influire sulla stabilità del corpo di frana quiescente perimetrato, che non mostra per altro, in corrispondenza del lotto in esame, evidenze di movimento da parecchi decenni, come testimoniato dall'integrità delle abitazioni presenti nelle aree immediatamente attigue e del tratto stradale rettilineo posto subito a monte del lotto.

Si ritiene pertanto che le condizioni prescritte dalla normativa provinciale ed in particolare dalle disposizioni di cui all'art. 15 delle NTA del PTCP, possano ritenersi soddisfatte.

In fase esecutiva si dovranno attentamente valutare e dimensionare gli eventuali scavi e riporti e si dovrà prevedere un adeguato sistema di raccolta ed allontanamento delle acque di scorrimento superficiale provenienti dalla zona di monte e di drenaggio delle acque d'infiltrazione, onde evitare pericolosi ristagni d'acqua che potrebbero comportare condizioni di pericolosità per la stabilità locale del lotto.

Pur riconoscendo che l'indagine geognostica eseguita possa ritenersi sufficientemente esaustiva per la caratterizzazione geomeccanica del lotto in esame, in rapporto alla finalità del presente studio, considerata la particolare condizione dell'area, si ritiene opportuno che in fase esecutiva tale indagine venga implementata attraverso l'esecuzione di prove penetrometriche, posizionate in corrispondenza della reale ubicazione dell'intervento edilizio proposto, al fine di definire puntualmente ed in maniera circoscritta le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti e lo spessore del terreno di copertura.

Sulla base di tale indagine, unitamente a quella già eseguita, si potrà valutare la tipologia di fondazioni più idonee, anche in ragione dell'intervento effettivamente proposto, che dovrà in ogni caso essere di modesta entità.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati sul lotto d'indagine, delle indagini geognostiche eseguite, che hanno permesso una caratterizzazione meccanica preliminare del lotto d'interesse e delle verifiche effettuate, si ritiene, l'area idonea all'edificazione con le precisazioni e prescrizioni in questa sede evidenziate e precedentemente specificate.

In ogni caso occorrerà in fase esecutiva l'assistenza di un tecnico per la verifica in corso d'opera delle condizioni geotecniche assunte in questa sede (punto b3 delle N.T. del D.M. 11/03/1988).

Nonantola, 18/08/2012

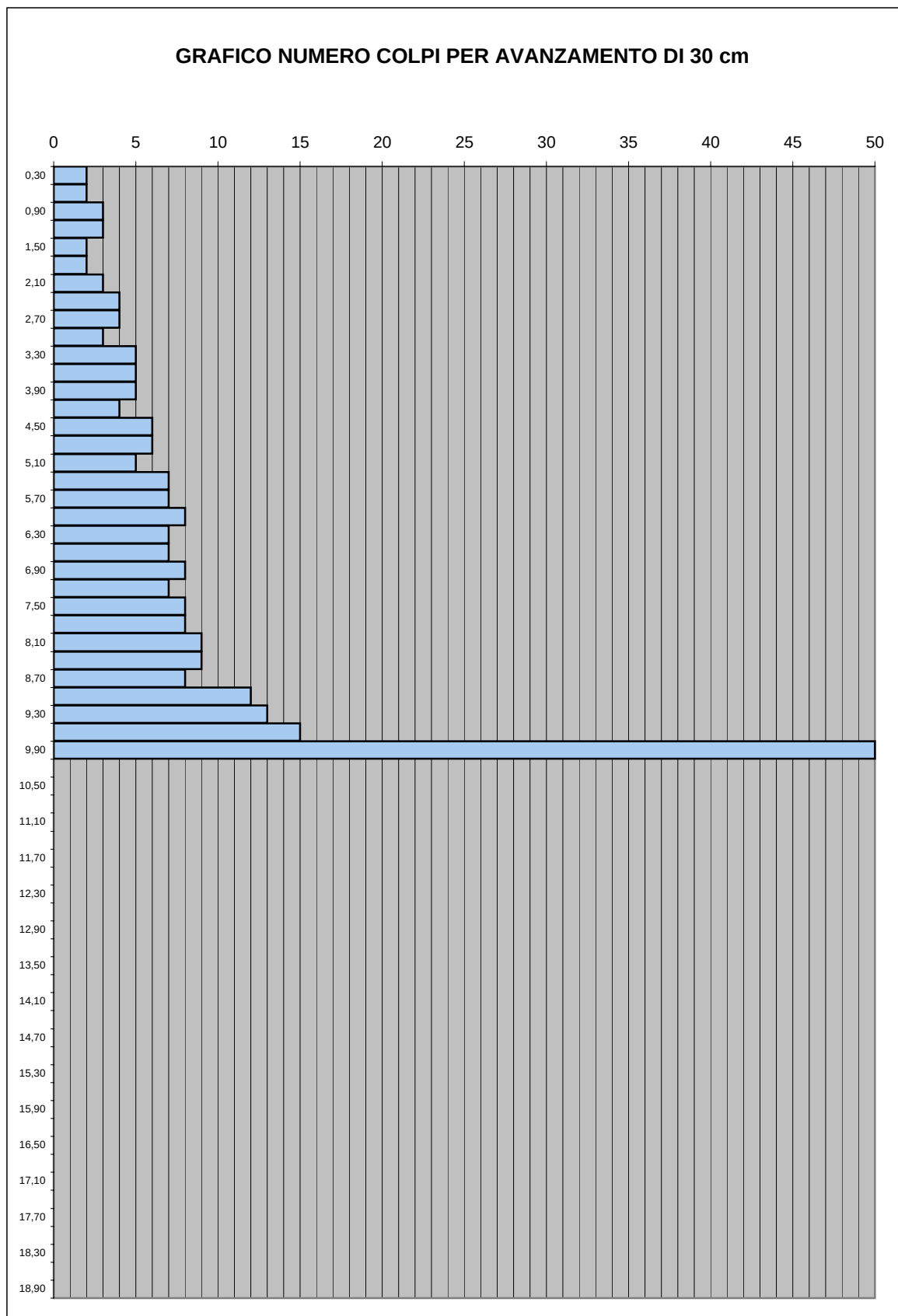
Dott.ssa Geol. Stefania Asti

ALLEGATO I TABULATI E DIAGRAMMI PENETROMETRICI
--

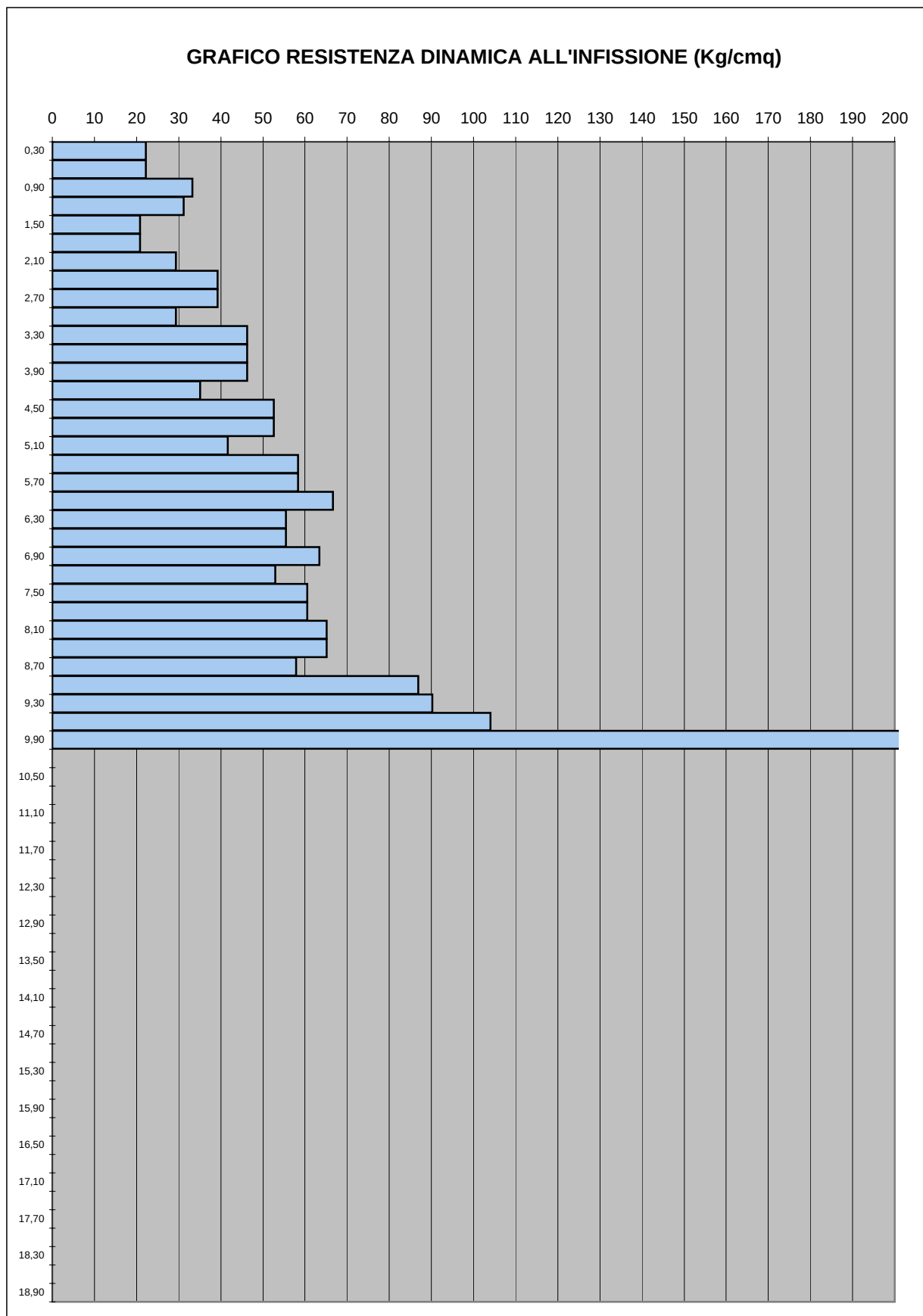
Prova n.	DPSH	1	Maglio	73	[Kg]
Data		02/08/2012	Altezza di caduta	0,75	[m]
Committente			Area della punta	20	[cm ₂]
Ubicazione dell'intervento	Pere Storte		Angolo della punta	60	[gradi]
			Peso delle aste	6,00	[Kg/ml]
			Massa passiva	5	[Kg]
			Raffronto statico	0,4	

Profondità [m]	N. colpi	N. aste	Attrito Aste	Rd [Kg/cm ²]	Qa [Kg/cm ²]	Rp statico [Kg/cm ²]	Cu [Kg/cm ²]	Eed [Kg/cm ²]
0,30	2	2	1	22,20	1,11	8,88	0,44	38
0,60	2	2	1	22,20	1,11	8,88	0,44	38
0,90	3	2	1	33,31	1,67	13,32	0,67	47
1,20	3	3	1	31,22	1,56	12,49	0,62	45
1,50	2	3	1	20,82	1,04	8,33	0,42	37
1,80	2	3	1	20,82	1,04	8,33	0,42	37
2,10	3	4	1	29,39	1,47	11,76	0,59	44
2,40	4	4	1	39,18	1,96	15,67	0,78	51
2,70	4	4	1	39,18	1,96	15,67	0,78	51
3,00	3	4	1	29,39	1,47	11,76	0,59	44
3,30	5	5	1	46,26	2,31	18,50	0,93	57
3,60	5	5	1	46,26	2,31	18,50	0,93	57
3,90	5	5	1	46,26	2,31	18,50	0,93	57
4,20	4	6	1	35,06	1,75	14,02	0,70	48
4,50	6	6	1	52,59	2,63	21,04	1,05	62
4,80	6	6	1	52,59	2,63	21,04	1,05	62
5,10	5	7	1	41,63	2,08	16,65	0,83	53
5,40	7	7	1	58,29	2,91	23,31	1,17	67
5,70	7	7	1	58,29	2,91	23,31	1,17	67
6,00	8	7	1	66,61	3,33	26,65	1,33	73
6,30	7	8	1	55,51	2,78	22,20	1,11	64
6,60	7	8	1	55,51	2,78	22,20	1,11	64
6,90	8	8	1	63,44	3,17	25,38	1,27	71
7,20	7	9	1	52,99	2,65	21,19	1,06	62
7,50	8	9	1	60,56	3,03	24,22	1,21	68
7,80	8	9	1	60,56	3,03	24,22	1,21	68
8,10	9	10	1	65,16	3,26	26,07	1,30	72
8,40	9	10	1	65,16	3,26	26,07	1,30	72
8,70	8	10	1	57,92	2,90	23,17	1,16	66
9,00	12	10	1	86,89	4,34	34,75	1,74	90
9,30	13	11	1	90,20	4,51	36,08	1,80	92
9,60	15	11	1	104,08	5,20	41,63	2,08	103
9,90	50	11	1	346,94	17,35	138,78	6,94	298
10,20								
10,50								
10,80								
11,10								
11,40								
11,70								
12,00								
12,30								
12,60								
12,90								
13,20								
13,50								
13,80								
14,10								
14,40								
14,70								
15,00								

Prova n.	DPSH	1	Maglio	73	[Kg]
Data		02/08/2012	Altezza di caduta	0,75	[m]
Committente			Area della punta	20	[cm ₂]
Ubicazione dell'intervento	Pere Storte		Angolo della punta	60	[gradi]
			Peso delle aste	6	[Kg/ml]
			Massa passiva	5	[Kg]
			Raffronto statico	0,4	



Prova n.	DPSH	1	Maglio	73	[Kg]
Data		02/08/2012	Altezza di caduta	0,75	[m]
Committente			Area della punta	20	[cm ₂]
Ubicazione dell'intervento	Pere Storte		Angolo della punta	60	[gradi]
			Peso delle aste	6	[Kg/ml]
			Massa passiva	5	[Kg]
			Raffronto statico	0,4	



<i>Domanda</i>	n. 022
<i>Richiedente</i>	Pieracci Manuele
<i>Foglio</i>	32
<i>Mappali</i>	49
<i>Tavola PRG</i>	5.6

STUDIO GEOLOGICO PETRA

di Dott. Geol. Andrea Zanotti
 Piazza Matteotti, 37 - 41121 Modena - tel./fax +3959220030 - studiopetra@libero.it
 Codice fiscale ZNTNDR64E03I462U - Partita I.V.A. 02012030363

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO E RELAZIONE SISMICA

VARIANTE AL PIANO REGOLATORE DEL COMUNE DI
 FRASSINORO (MO): LOTTIZZAZIONE PRIVATA “PIERACCI
 EMANUELE”, LOCALITA’ LE MAGIERE.

REGIONE
 EMILIA – ROMAGNA

PROVINCIA DI
 MODENA

COMUNE DI
 FRASSINORO

RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 11/03/1988, lettere A, B, H;
- Circolare LLPP 24/10/88 n. 30483;
- R.D. n. 3267/1923 e n. 1126/1926,
- L.R. 3/1999, direttiva regionale 117/2000 (Vincolo Idrogeologico)
- PTPC Provincia di Modena;
- Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino del Fiume PO;
- O.P.C.M. n. 3274/2003 (classificazione sismica territorio);
- D. A. L. n. 112/2007 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”
- D. M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni).
- Circolare C.S.LL.PP. 2/2/2009 n.617.

COMMITTENTE :
SIG. PIERACCI EMANUELE

IL TECNICO :
DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI

MODENA 05/09/2012

RELAZIONI Frassinoro –variante 2012 Pieracci Emanuele

PUNTI TRATTATI

CAP. 1	INTRODUZIONE	pag. 2
CAP. 2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pag. 3
CAP. 3	GEOLOGIA DELL’AREA DI VARIANTE	pag. 3
CAP. 4	CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE	pag. 6
CAP. 5	STRATIGRAFIA PARAMETRI GEOTECNICI	pag. 7
CAP. 6	RELAZIONE SISMICA	pag. 10
CAP. 7	CONCLUSIONI	pag. 15
	ALLEGATI	pag. 17

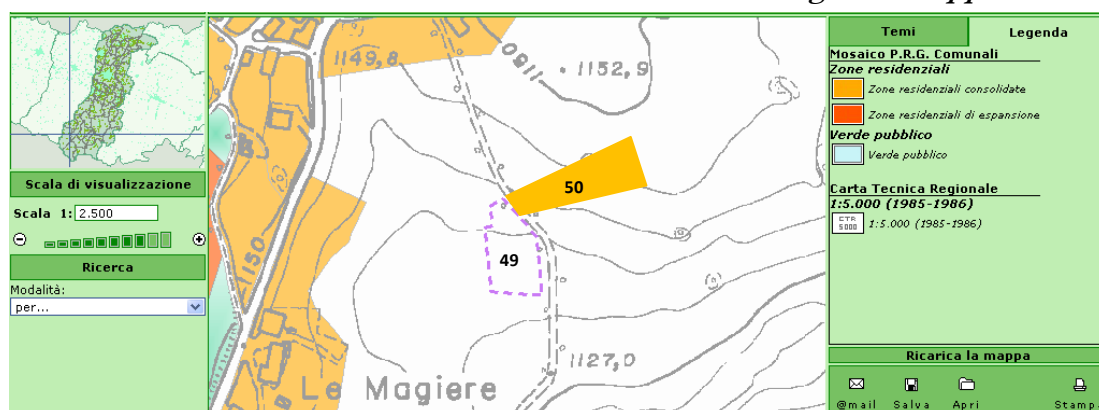
Cap. 1 INTRODUZIONE

Su incarico della committenza, è stata eseguita la presente relazione con lo scopo di verificare le caratteristiche generali litostratigrafiche, geomeccaniche e sismiche di un'area del comune di Frassinoro, in relazione ad una richiesta di variante al Piano Regolatore comunale, per un lotto di terreno ubicato in località Le Magiere, ad una quota media di circa 1130 m /s l m.

Come si evince dalla Fig. 1, il sito esaminato è confinante con un lotto in fase di edificazione in cui si sta realizzando un'abitazione monofamiliare (mappale 50).

E' intenzione del Sig. Pieracci estendere la zona ad uso residenziale in tutta l'area di proprietà.

Fig.1 - ZONIZZAZIONE PRG FRASSINORO. Rif. Catasto: Foglio 36 mappale 49



Estratto da SISTEMONET, Mosaico P.R.G. comunali 2002 (scala di visualizzazione ridotta del 50%)

Foto 1 (24/08/2012)	Foto 2 (ortofoto AGEA 2011)
lotto in cui è richiesta la Variante PRG	
	

Cap. 2

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

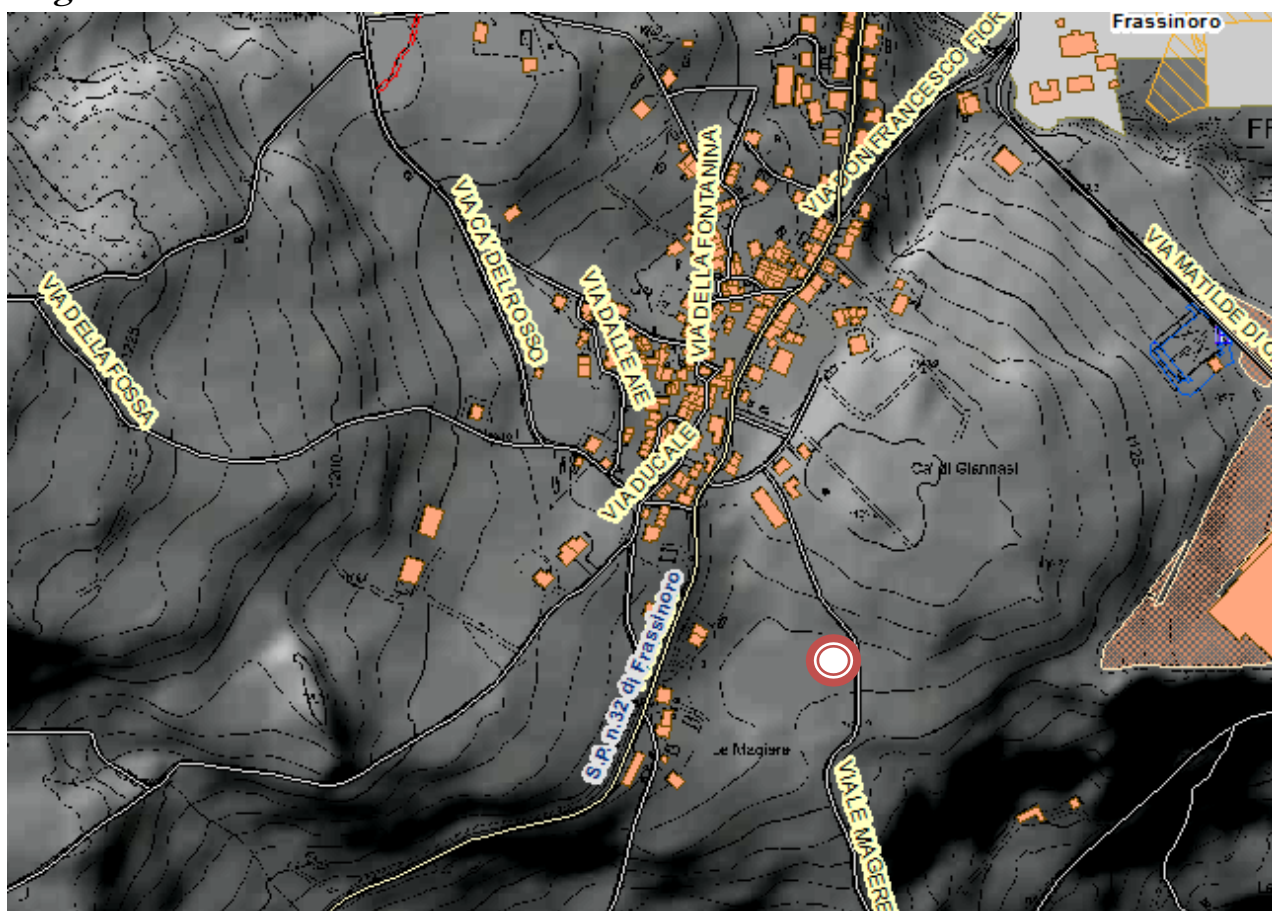
L'area studiata si trova presso l'abitato di Frassinoro, in località "Le Magiere" al limite del perimetro attualmente urbanizzato; essa è rintracciabile sui seguenti documenti topografici:

Cartografia C.T.R.: Foglio 1:25.000 235 SE Pievepelago; Sezione 1:10.000 - 235110 Frassinoro.

Cartografia I.G.M.: Foglio 1:100.000 n. 97 S. Marcello Pistoiese; Tavoleta 1:25.000 IV NO Frassinoro.

Cartografia CATASTALE: Foglio 36; Mappale 49.

Fig.2 – LOCALIZZAZIONE SITO



Estratto da GEOWIEW ER, (scala 1: 5000)

Cap. 3

GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE

3.1- Carta geologica Regione Emilia Romagna

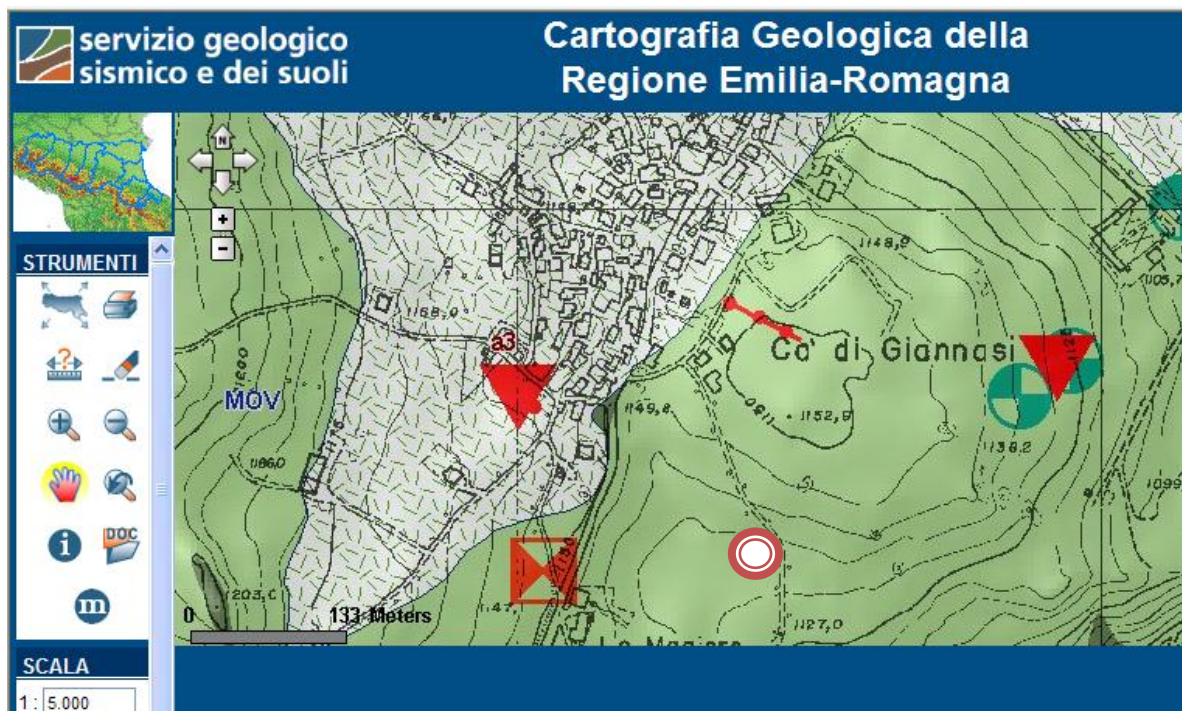
Dal punto di vista geologico, nella zona affiorano terreni appartenenti al **dominio Ligure**. Nello specifico dell'area di variante sono presenti terreni attribuibili al Gruppo della formazione di M. Venere quali:

Formazione di Monte Venere (MOV):

Si tratta di ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P > 1/3$.

Fig.3 – CARTOGRAFIA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5.000



LEGENDA

Prove lineari

- prova MASW

Prove puntuali

- carotaggio continuo
- + misure di microtremore a stazione singola (HVSr)
- prova dinamica con penetrom. superpesante (DPSH)

Coperture quaternarie (10K)

- a3 - Deposito di versante s.l.

Unità geologiche (10K)

- MOV - Formazione di Monte Venere

3.2- Geologia rilevata

Il centro abitato di Frassinoro è posto alla quota di 1131 m e riposa sopra una serie di grandi ripiani, rappresentati da ammassi rocciosi raccordati tra loro; questi ultimi sono costituiti da un flysch calcareo (assimilabile al Flysch di M. Venere, MOV – creta sup.) che affiora con continuità dal fondovalle fino alla zona di crinale. Si tratta di torbiditi calcareo marnose di colore grigio (nocciola se alterate) cui seguono marne ed argille chiare nella porzione superiore degli strati. A luoghi si intercalano potenti pacchi costituiti da strati arenaceo – calcarei ed argille nerastre in strati da sottili a medi. Lo spessore degli strati litoidi varia dai 20 cm ai 2 metri; leggermente superiore è lo spessore delle porzioni marnose. Nelle vicinanze del sito tale unità si presenta in giacitura normale con inclinazione media di circa 20°.

Dal punto di vista morfologico l'intero versante appare caratterizzato da una struttura a Gradoni, dove i grandi ripiani rocciosi su cui è insediato l'abitato sono tra loro raccordati tramite versanti decisamente più acclivi.

3.3 - Dettaglio del Sito

L'area oggetto di studio si trova, in posizione sub pianeggiante sopra un largo ripiano che appare in **condizioni di stabilità**.

Dal punto di vista stratigrafico il substrato roccioso è ricoperto da una coltre di terreno detritico, costituito dal disfacimento naturale della formazione fliscioide e da depositi colluviali.

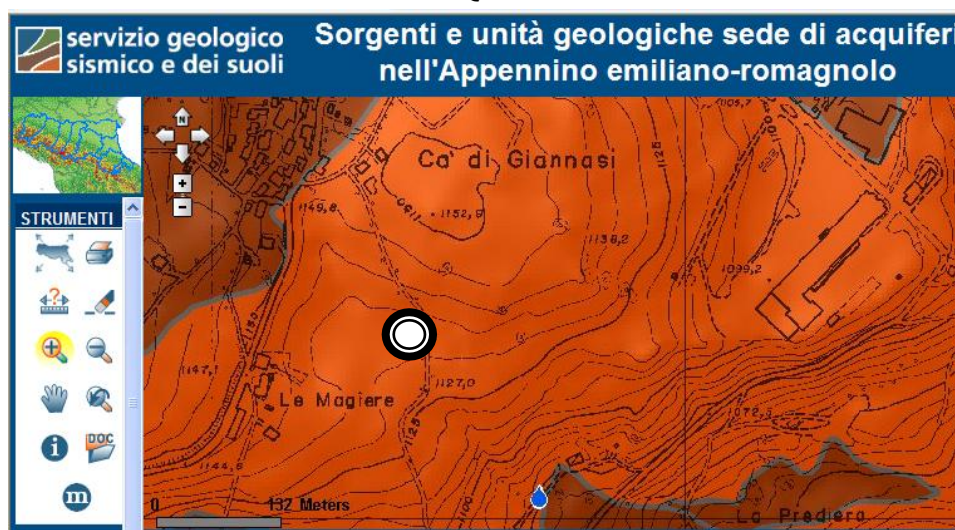
3.4 - Idrogeologia

La formazione rocciosa affiorante presso il sito è una roccia magazzino, ovvero un terreno in cui, pur non essendo presente una falda, possono esservi movimenti stagionali di acqua, in relazione alla piovosità.

Nei sondaggi svolti nei dintorni del sito riportati sulla cartografia geologica regionale, è evidenziata la presenza di acqua a profondità superiore ai 4 m.

Fig.4 – **CARTOGRAFIA SORGENTI E ACQUIFERI REGIONALE**

Scala 1:5.000



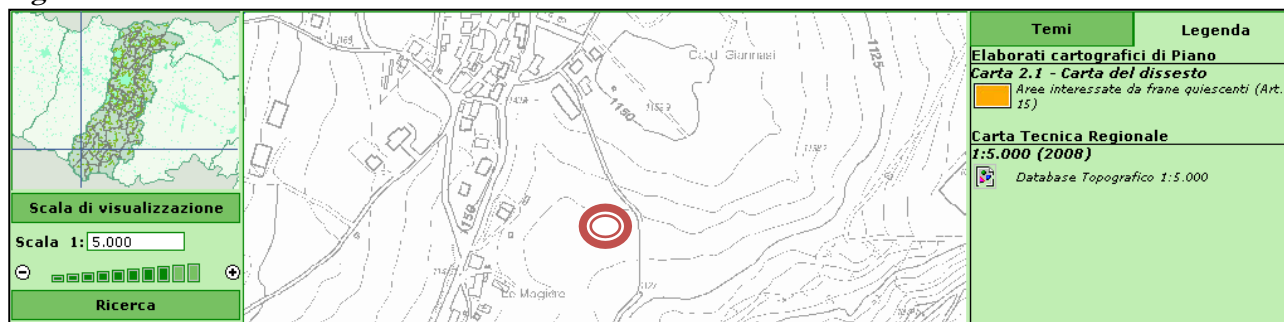
LEGENDA

	Sorgenti 10k
Coperture di versante, su ammassi rocciosi	
	cop1a - Coperture detritiche di versante, associate ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'
Ammassi rocciosi	
	ar1 - Ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'

Cap. 4 CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE

4.1 – PTCP, Carta del Rischio da Frana

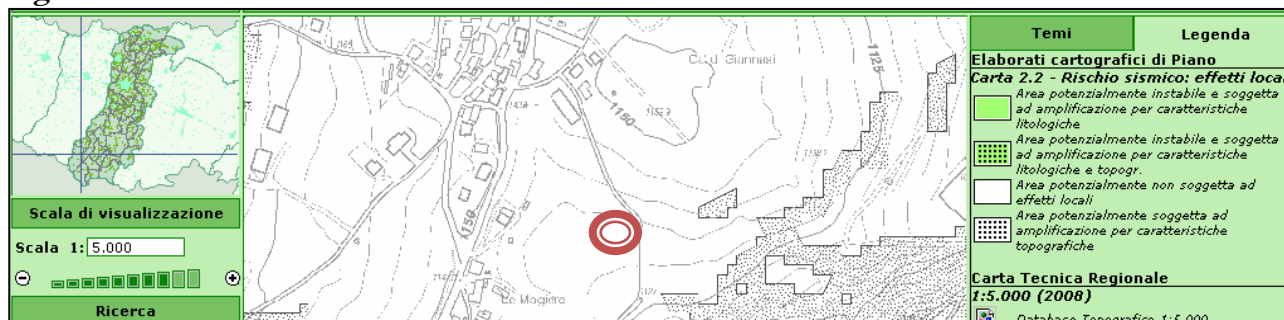
Fig.5 – CARTA DEL DISSESTO



L'area **non è interessata** da alcun tipo di dissesto e quindi non risulta soggetta alle limitazioni dell'art. 15

4.2 – PTCP, Rischio Sismico

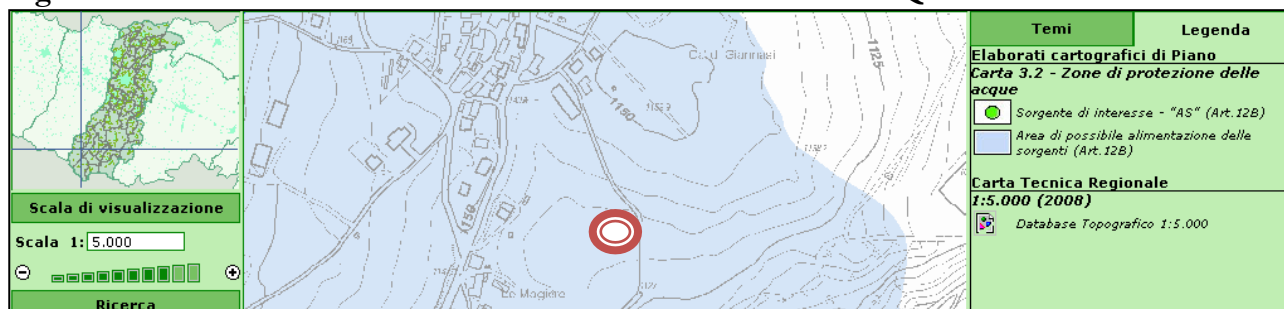
Fig.6 – CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DEGLI EFFETTI LOCALI



Il lotto esaminato ricade in una zona classificata come “**Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali**”, la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico viene descritta nel capitolo 6.

4.3 – PTCP, Protezione delle acque

Fig.7 – CARTA DELLE ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE



Il sito ricade in un'area di possibile alimentazione delle sorgenti ed è pertanto soggetta alle limitazioni dell'art. 12B, che non preclude la Variante al PRG richiesta.

Cap. 5 - STRATIGRAFIA, PARAMETRI GEOTECNICI

La stratigrafia del sito è stata delineata facendo riferimento alle prove penetrometriche DPM realizzate dallo scrivente sul lotto confinante, in cui è stata recentemente edificata una villetta monofamiliare (mappale 50). In particolare si è considerata la prova più vicina, denominata P1, che presenta buona coerenza sia con una prospezione sismica HVSR eseguita sul sito in data 25/08/2012 sia con le prove DPSH indicate sulla carta geologica regionale.

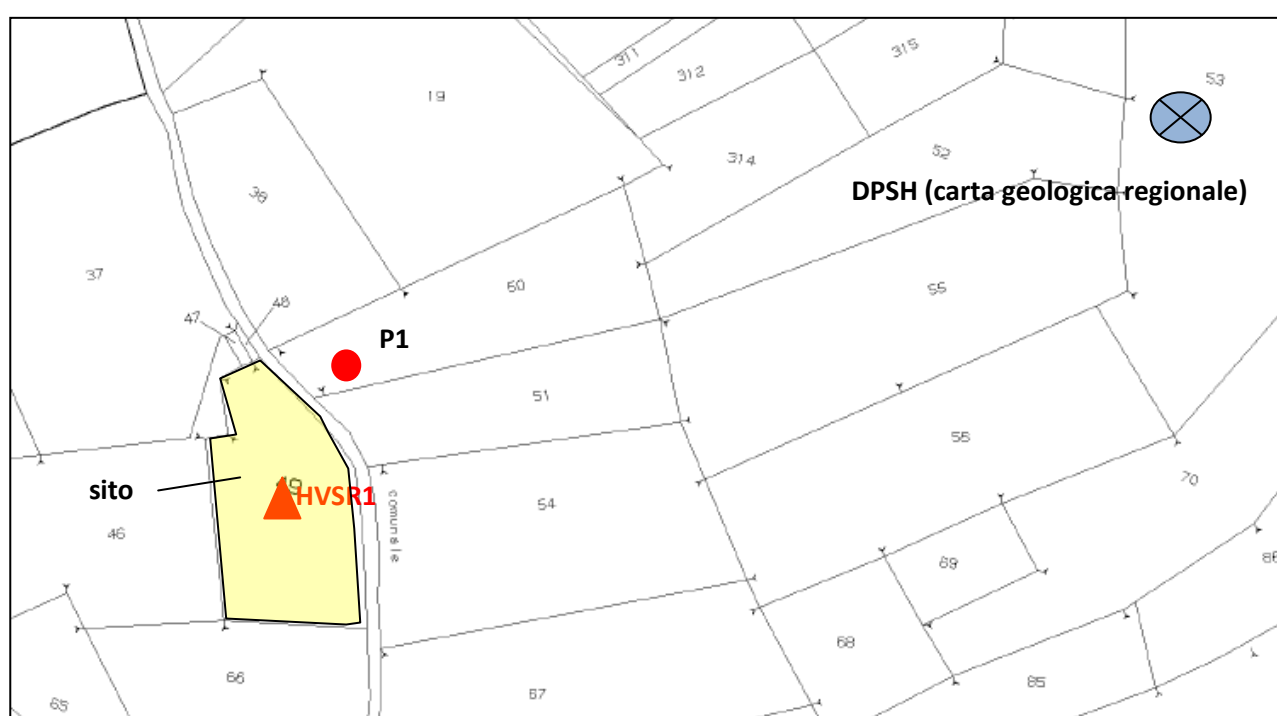
L'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche evidenzia la presenza di un Flysch, cioè di un'alternanza di strati argillosi coesivi con strati "rocciosi". L'analisi dei valori di picco della resistenza alla penetrazione indica però che, nei primi metri di terreno, il substrato roccioso appare disgregato e fratturato, in seguito a fenomeni di alterazione naturali. Si rileva così la presenza disordinata di trovati rocciosi frammisti a terreni detritici di natura sia coesiva sia litoide.

In sostanza il terreno di fondazione nel suo insieme può essere considerato come un buon terreno detritico piuttosto che come un terreno roccioso in posto.

L'analisi sismica conferma la presenza di terreno compatto, con caratteristiche meccaniche crescenti in profondità, a partire da circa 10 m.

FIG. 8 UBICAZIONE SONDAGGI

scala 1:2.000



La prova penetrometrica più prossima alla zona di variante è la DPM denominata P1. Di seguito ne viene mostrato il grafico, opportunamente confrontato con la DPSH più prossima al sito presente sull'archivio regionale; le tabelle corrispondenti sono invece riportate in ALLEGATO:

GRAFICO 1 - PROVA DPM P1 (a cura dello scrivente)

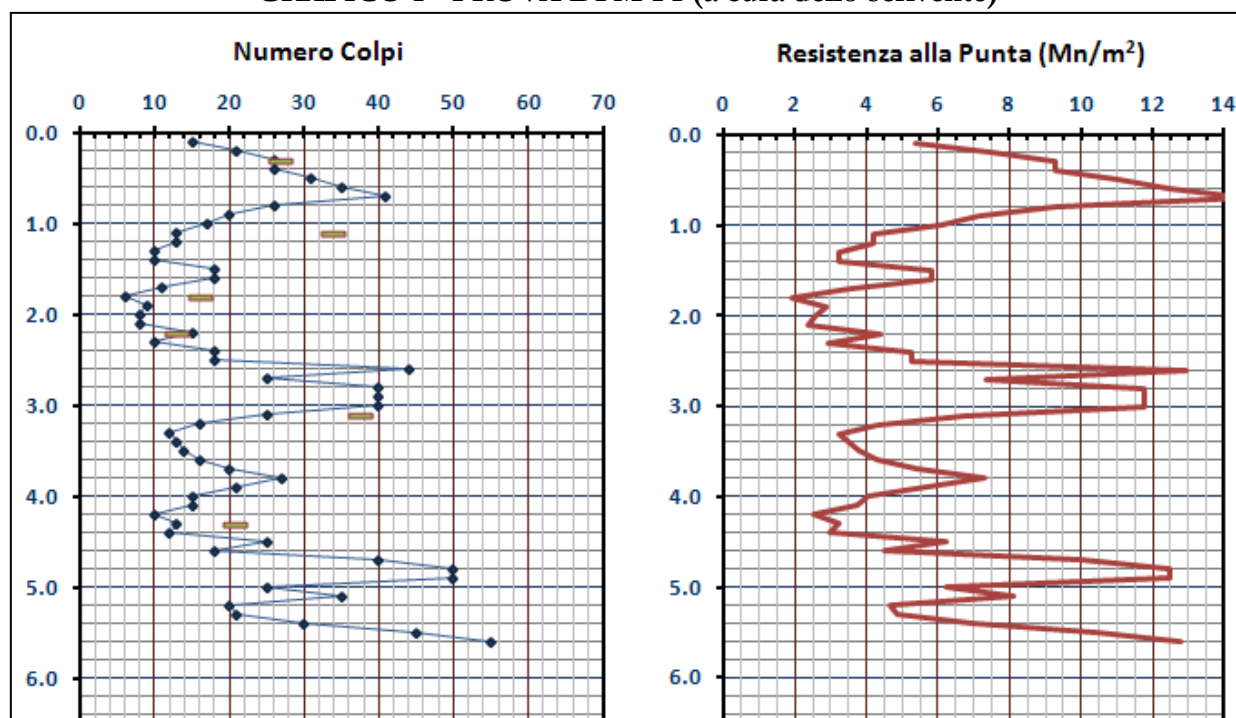
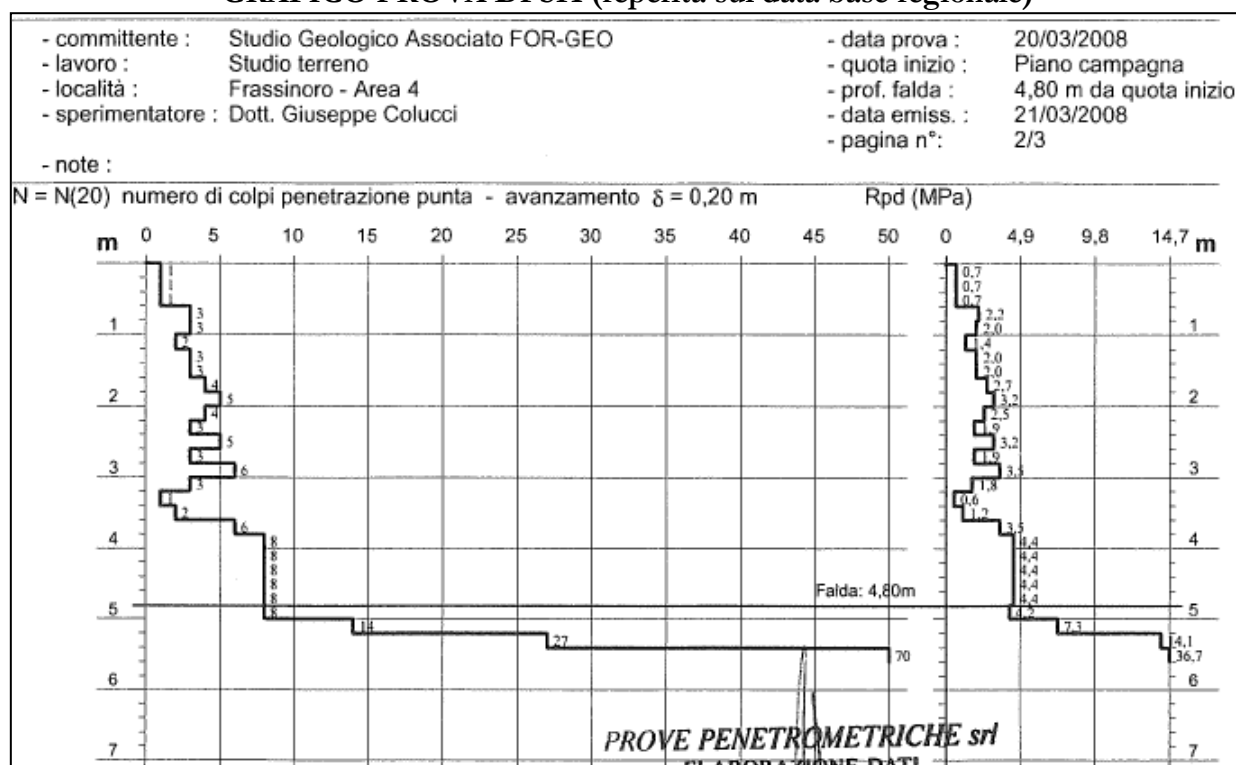


GRAFICO PROVA DPSH (reperita sul data base regionale)



PARAMETRI GEOTECNICI

L'elaborazione delle prove penetrometriche ha permesso la ricostruzione dei seguenti parametri geotecnici:

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

COMMITTENTE: ZANOTTI						LOCALITA': FRASSINORO					
COMUNE: FRASSINORO						DATA: 08/11/2010					
NOME FILE BORG.1						PENETROMETRO = DPM					
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ_v' [kN/m ²]	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
0.3	20.7	26.9	34.8	19075	81	180	16120	310	3.8	7371	369
1.1	26.1	34.0	36.6	24113	230	228	20378	395	14.3	9262	463
1.8	12.3	16.0	30.3	11340	223	107	9583	193	28.5	3959	198
2.2	10.0	13.0	28.8	9230	252	87	7800	162	39.0	3058	153
3.1	28.9	37.6	37.2	26664	942	252	22533	448	51.3	8419	421
4.3	16.0	20.8	32.5	14768	641	139	12480	263	71.3	4256	213

H = Profondità del letto dello strato elementare

N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento

Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)

$\phi^o = N_{spt} < 30 \quad (15 \cdot N_{spt})^5 + 15; N_{spt} > 30 \quad -0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26$. (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)

Mo = $710 \cdot N_{spt}$ [Modulo Confinato] [kN/m²] (Farrent)

Qa₁ = $(h \cdot \gamma' \cdot N_q) / 3$ [kN/m²] (Carico ammissibile - Terzaghi semplificata)

Ed = $600 \cdot N_{spt}$ [Modulo Edometrico] [kN/m²] (Stroud & Butler)

Cu = $6.7 \cdot N_{spt}$ [kN/m²] (Terzaghi)

Qa₂ = $(Cu \cdot N_c) / 3$ [kN/m²] (Carico ammissibile - Terzaghi semplificato)

Rdp = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$ [kN/m²] (Formula degli Olandesi)

Qa₃ = $Rdp / 15 \div 30$; $Rdp / 20$ [kN/m²] (Carico ammissibile, Sanglerat)

PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO (fondaz. Superficiali)

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	Cum [kN/m ²]	dev stand	Cuk [kN/m ²]	Cud [kN/m ²]
0.3	20.7	26.9	3	34.8	3.9	37.8	31.9	180	116.9	259	185
1.1	26.1	34.0	8	36.6	3.8	35.5	29.7	228	105.5	200	143
1.8	12.3	16.0	7	30.3	5.6	30.9	25.6	107	130.3	116	83
2.2	10.0	13.0	4	28.8	6.3	33.5	27.9	87	147.0	178	127
3.1	28.9	37.6	9	37.2	4.4	35.8	30.0	252	116.1	216	154
4.3	16.0	20.8	12	32.5	4.0	31.3	26.0	139	101.9	113	81

LEGENDA

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]

Cum = Dato medio della coesione non drenata

Cuk = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

Cud = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	Mo _m [kN/m ²]	dev stand	Mo _k [kN/m ²]	Mo _d [kN/m ²]	Ed _m [kN/m ²]	dev stand	Ed _k [kN/m ²]	Ed _d [kN/m ²]
0.3	20.7	26.9	3.0	19075	12386	27426	27426	16120	10467	23177	23177
1.1	26.1	34.0	8.0	24113	11179	21228	21228	20378	9447	17939	17939
1.8	12.3	16.0	7.0	11340	13806	12292	12292	9583	11667	10388	10388
2.2	10.0	13.0	4.0	9230	15576	18863	18863	7800	13163	15941	15941
3.1	28.9	37.6	9.0	26664	12300	22853	22853	22533	10394	19312	19312
4.3	16.0	20.8	12.0	14768	10797	11982	11982	12480	9124	10126	10126

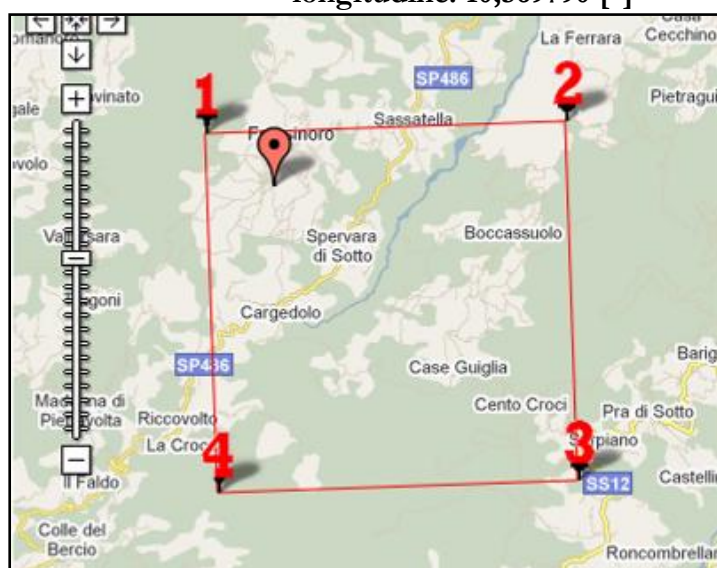
Num=	Numero dei dati presi in considerazione per ogni strato
MO_m=	Media del Modulo Confinato
MO_k=	Valore Caratteristico del Modulo Confinato (5° percentile di distribuzione della media)
MO_d=	Valore di Progetto del Modulo Confinato
Ed_m=	Media del Modulo Edometrico
Ed_k=	Valore Caratteristico del Modulo Edometrico (5° percentile di distribuzione della media)
Ed_d=	Valore di Progetto del Modulo Edometrico

In seguito alla classificazione sismica proposta dall'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ed al D. M. 14/01/2008 recante *norme tecniche per le costruzioni*, **il Comune di Frassinoro ricade in zona 2.**

<i>Decreti fino al 1984</i>	<i>GdL 1988</i>	<i>Classificazione 2003</i>
sismicità alta, S = 12	prima categoria	Zona 1
sismicità media, S = 9	seconda categoria	Zona 2
sismicità bassa, S = 6	terza categoria	Zona 3

latitudine: 44,290111 [°]
longitudine: 10,569790 [°]

Introducendo le coordinate geografiche esatte dell'intervento si ottengono i parametri sismici di base



dell'area (ag, Fo, Tc) e gli spettri di risposta elastici di base per i periodi TR di riferimento.

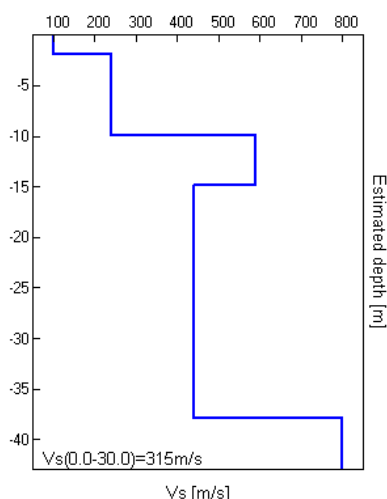
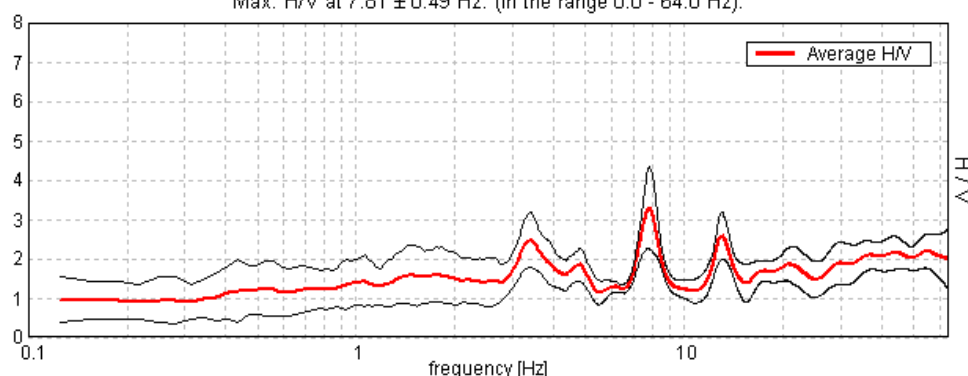
Questi ultimi non tengono conto degli effetti determinati dall'“*amplificazione sismica locale*” e dal tipo di “*prestazioni*” previste per l'edificio in progetto, che vengono pertanto dimensionati nei paragrafi successivi.

6.2 Amplificazione stratigrafica

Ai sensi della normativa vigente la classificazione del suolo avviene in base alla velocità delle onde S nel terreno, entro i primi 30 m di profondità dal p.c. Per determinare tale valore (denominato **Vs 30**), in data 25/08/2012, è stata eseguita, presso il sito, una prospezione sismica mediante sismografo a stazione singola della Micromed (tromino Engy). La misura si basa sulla registrazione dei microtremori tramite i rapporti spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali e verticali del moto (Nogghoshi e Igarashi 1970). La frequenza fondamentale di risonanza (Fr) dello strato relativa alle onde S è pari a: $Fr = Vs / (4 \cdot h)$. Dal grafico che segue si possono osservare dei picchi che corrispondono agli strati di terreno identificati (strato alterato, strato a media densità, substrato e substrato compatto).

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 7.81 ± 0.49 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Dalla formula precedente e sapendo che i depositi superficiali hanno valori medi della Vs di circa 240 m/s si può calcolare approssimativamente lo spessore del primo strato costituito da roccia alterata (9.9 m).

Estendendo e raffinando il ragionamento a tutti gli altri strati ed eseguendo l'inversione della velocità con ricostruzione teorica del grafico delle frequenze attraverso opportuno software si ottiene la seguente interpretazione stratigrafica più dettagliata:

Si noti un primo netto cambio di velocità a circa -10 m dal p.c. corrispondente al passaggio terreno alterato –

terreno compatto), ed un secondo cambio a circa -15 m dal p.c.; questo ultimo scalino indica il passaggio fra il tetto della formazione MOV ed altra successione di strati della roccia fliscioide, caratterizzata da $V_s = 440$ m/s.

In conclusione, dall'analisi delle V_{s30} misurate con il sismografo, si ottiene un suolo con:

$$V_{s30} = 315 \text{ m/s.}$$

Determinata la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio (V_{s30}), ai sensi della normativa vigente si classifica il terreno di fondazione dell'intervento in progetto appartenente alla categoria C:

C- Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza con $180 \text{ m/s} < V_{s30} < 360 \text{ m/s}$ (ovvero resistenza penetrometrica $15 < N_{spt} < 50$ o coesione non drenata $70 < c_u < 250$ Kpa).
--

Dove, nei diversi Stati Limite, il coefficiente di amplificazione stratigrafica vale:

$$S_s = 1.5 \text{ (SLO e SLD), } 1.47 \text{ (SLV) e } 1.37 \text{ (SLC)}$$

6.3 Amplificazione topografica

Dal punto di vista topografico il terreno rientra nella:

classe T1

$T1 = \text{Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media } i \leq 15^\circ$

dove il coefficiente di amplificazione topografica vale: **St = 1.0**

6.4 Strategia di progettazione

La **vita nominale** di un'opera strutturale **VN** è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 **classi d'uso**, alle quali vengono associati i seguenti **coefficienti d'uso CU** :

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE CU	0.7	1.0	1.5	2.0

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un **periodo di riferimento VR** che si ricava, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:

$$VR = VN \times CU$$

Ipotizzando la realizzazione di un nuovo manufatto ad uso abitazione civile, sono quindi attese le seguenti prestazioni:

vita nominale $VN = 50$ anni (opere ordinarie),
 classe d'uso = II , (normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente)
 coefficiente d'uso $cu = 1$,

vita di riferimento $VR = VN \times CU = 50 \times 1 = 50$ anni

6.5 Azione sismica di progetto

Combinando l'azione sismica di base (determinata dalla posizione geografica del sito) con gli effetti di amplificazione locale e le prestazioni attese dalla costruzione, si calcolano i parametri a_g , F_o , T_c , da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE** di **Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU** di **Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, come previsto dalla normativa vigente.

STATO LIMITE	Prob. Superamento (%)	T_R (anni)	A_g (g)	F_o (-)	T_c (s)
SLO operatività	81	30	0.060	2,470	0,249
SLD danno	63	50	0.076	2,450	0,260
SLV vita	10	475	0.177	2,484	0,291
SLC collasso	5	975	0.223	2,479	0,303

a_g è l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale. F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2. T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

Nella sottostante tabella si riassumono i principali **Coefficienti sismici**:

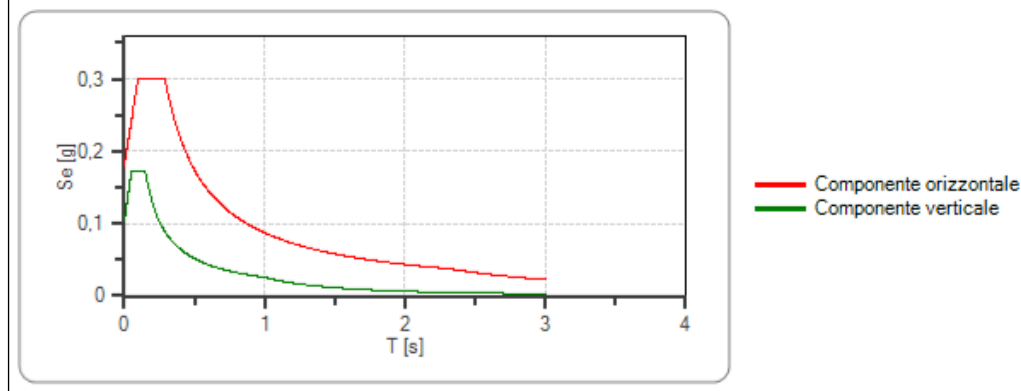
	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	$Beta$ [-]
SLO	1,500	1,660	1,000	0,016	0,008	0,879	0,180
SLD	1,500	1,640	1,000	0,020	0,010	1,113	0,180
SLV	1,440	1,580	1,000	0,061	0,031	2,504	0,240
SLC	1,370	1,560	1,000	0,095	0,047	3,000	0,310

S_s = amplificazione stratigrafica, C_c = coefficiente che modifica il valore del periodo T_c , K_h = coefficiente sismico orizzontale, K_v = coefficiente sismico verticale, S_t = amplificazione topografica, A_{max} = accelerazione massima in superficie

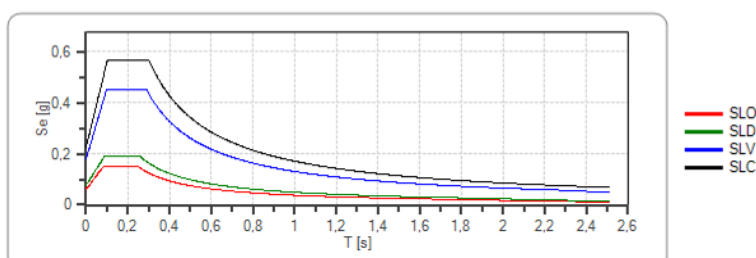
Ne risultano i seguenti **spettri di progetto ed elastici** :

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR .

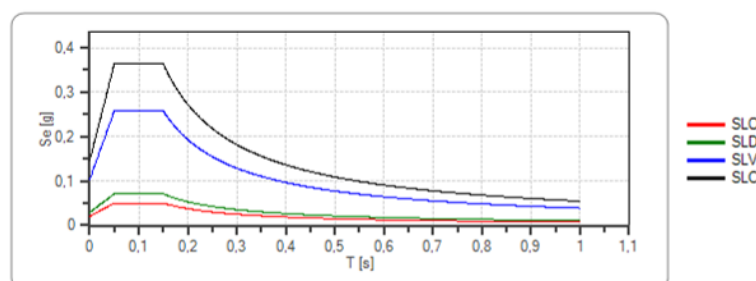
Spettri di progetto per lo stato limite: SLV



Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_t \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c T_D}{T^2} \right)$$

6.6 Accelerazione massima in superficie

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima ($a_{\max}$) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di $a_{\max}$ può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s ed S_t sono rispettivamente i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica. In questo caso riferendoci allo stato limite SLV si ottiene:

$$a_{\max} = 1.44 \times 10^{-1} \times g = 2,504 \text{ m/s}^2$$

6.7 Verifica a liquefazione

Le indagini svolte hanno **escluso la presenza di orizzonti liquefacibili**.

6.8 calcolo dei Fattori di Amplificazione (F.A.) sismica al suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura si ottiene con la seguente formula:

$$Vs_{MEDIA} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}} = 200 \text{ m/s}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura = 10 m
h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo = 10 m
Vs_i = velocità (in m/s) dello strato i-esimo = 240 m/s

Tenendo conto delle prove penetrometriche e sismiche realizzate sul sito si determina lo spessore dello strato di copertura a 10 m.

Attraverso il dato ottenuto, con l'ausilio delle tabelle allegate alla deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna si determinano i fattori di amplificazione per le caratteristiche litologiche, che valgono:

F.A. P.G.A. (Picco Accelerazione Gravitazionale) = 2,3

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$ = 2,2

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$ = 1,6

Cap. 7 CONCLUSIONI

La presente relazione tratta dell'analisi di fattibilità di una variante del Piano Regolatore di Frassinoro (MO), per un lotto di terreno ubicato in località "Le Magiere".

I dati relativi ai caratteri geologici, geotecnici e sismici del sito sono stati confrontati con le prescrizioni contenute nelle leggi e negli strumenti di pianificazione vigenti.

Si è rilevato che il sito è ubicato al margine meridionale del capoluogo e si trova sopra un ripiano costituito dalla Formazione di Montevenere (MOV) le cui caratteristiche meccaniche crescono con la profondità (si veda Cap. 3).

Il sito si trova in **condizioni di stabilità e non interferisce con acque di falda e/o superficiali**.

Dal confronto con il P.T.C.P. della Provincia di Modena si è riscontrato che la variante proposta **non interferisce** con le limitazioni d'uso del suolo previste dalle norme di Piano (si veda cap. 4).

La stratigrafia è stata ricostruita con l'ausilio di 1 prova penetrometrica DPM pregressa (realizzata dallo scrivente a pochi metri di distanza dal lotto in esame) che è coerente con una prospezione sismica HVSR eseguita sul sito e con le prove penetrometriche DPSH riportate sulla carta geologica regionale nei dintorni dell'area studiata in identico contesto geologico (si veda Cap. 5).

I dati ottenuti evidenziano la presenza di un primo strato, profondo fino a circa 10 m, costituito da materiale alterato dotato di discrete caratteristiche meccaniche, seguito da terreno in posto con caratteristiche meccaniche crescenti.

Dal punto di vista sismico ne sono emersi i seguenti parametri (si veda cap. 6):

D. M. 14/01/2008

- | | |
|--|------------------------------------|
| - cat. terreno di fondazione: | Cat. "C" ($V_{s30}=315$ m/s) |
| - coefficiente di amplificazione stratigrafica per SLV | $S_s = 1.44$ |
| - classe topografica T1, coefficiente di amplificazione topografica, | $S_t = 1,0$ |
| - accelerazione max in superficie per SLV | $a_{max} = 2,504$ m/s ² |

Deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna

- velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura: V_s media = 240 m/s
- fattori di amplificazione:

F.A. P.G.A. = 2,3

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_o < 0.5s = 2,2$

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_o < 1.0s = 1,6$

i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima), F_o (fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima), T_c (periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro) e gli **spettri elastici di progetto**, da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE di Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU di Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, sono stati dimensionati ipotizzando la realizzazione di un manufatto con CU (classe d'uso) = II e VN (Vita Nominale) = 50 anni. La loro quantificazione dovrà ovviamente essere rivista in fase esecutiva in rapporto alle effettive prestazioni del manufatto.

In conclusione, l'area osservata si trova in condizione di **stabilità** e la realizzazione di eventuali interventi edilizi non produrrà variazioni degli equilibri esistenti.

Per la definizione del tipo di fondazioni da adottare e relativi carichi applicati, si attende un progetto esecutivo che **andrà corredato da specifica campagna geognostica**.

Considerata la non interferenza con acque superficiali e con altre limitazioni di carattere legislativo, **si ritiene verificata la fattibilità geologica, geotecnica e sismica della richiesta variante al Piano Regolatore di Frassinoro (MO)**, relativamente al lotto esaminato.

DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI
ISCRITTO ALL'ORDINE REGIONALE DEI
GEOLOGI CON IL NUMERO 558

Si rilascia l'assenso per l'uso di tale relazione da parte del Comune per scopi di tipo pianificatorio.

ALLEGATI

• Prove penetrometriche DPM

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

SUNDA DL030

M	30.00	Kg	Peso massa battente
H	20.00	cm	Altezza di caduta
A	10.00	cmq	Area della punta conica
La	100	cm	Lunghezza asta
Ma	2.400	Kg	Peso totale
d	10	cm	Passo di avanzamento

TABELLA PROVA PENETROMETRICA DPM P1

COMMITTENTE: ZANOTTI						LOCALITA': FRASSINORO						
COMUNE: FRASSINORO						DATA: 08/11/2010						
NOME FILE BORGHET1						PENETROMETRO =DPM				FALDA NO		
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva				Asta	Rpd [kN/m²]	Qa3 [kN/m²]
			ϕ [°]	Mo [kN/m²]	Qa1 [kN/m²]	Cu [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Qa2 [kN/m²]	σ_v' [kN/m²]			
0.10	15	19.5	32.1	13845	49	131	11700	224	1.9	1	5350	268
0.20	21	27.3	35.2	19383	78	183	16380	315	3.8	1	7490	375
0.30	26	33.8	37.0	23998	116	226	20280	390	5.7	1	9273	464
0.40	26	33.8	37.0	23998	143	226	20280	391	7.6	1	9273	464
0.50	31	40.3	38.6	28613	202	270	24180	466	9.5	1	11057	553
0.60	35	45.5	39.7	32305	270	305	27300	526	11.4	1	12483	624
0.70	41	53.3	41.3	37843	378	357	31980	616	13.3	1	14623	731
0.80	26	33.8	37.0	23998	252	226	20280	393	15.2	1	9273	464
0.90	20	26.0	34.7	18460	218	174	15600	304	17.1	1	7133	357
1.00	17	22.1	33.2	15691	204	148	13260	260	19.0	1	6063	303
1.10	13	16.9	30.9	11999	177	113	10140	201	20.9	2	4189	209
1.20	13	16.9	30.9	11999	190	113	10140	202	22.8	2	4189	209
1.30	10	13.0	29.0	9230	169	87	7800	157	24.7	2	3222	161
1.40	10	13.0	29.0	9230	180	87	7800	158	26.6	2	3222	161
1.50	18	23.4	33.7	16614	305	157	14040	278	28.5	2	5800	290
1.60	18	23.4	33.7	16614	323	157	14040	279	30.4	2	5800	290
1.70	11	14.3	29.6	10153	225	96	8580	175	32.3	2	3545	177
1.80	6	7.8	25.8	5538	167	52	4680	101	34.2	2	1933	97
1.90	9	11.7	28.2	8307	216	78	7020	146	36.1	2	2900	145
2.00	8	10.4	27.5	7384	211	70	6240	132	38.0	2	2578	129
2.10	8	10.4	27.5	7384	220	70	6240	133	39.9	3	2350	117
2.20	15	19.5	32.1	13845	361	131	11700	238	41.8	3	4406	220
2.30	10	13.0	29.0	9230	273	87	7800	164	43.7	3	2937	147
2.40	18	23.4	33.7	16614	468	157	14040	284	45.6	3	5287	264
2.50	18	23.4	33.7	16614	486	157	14040	284	47.5	3	5287	264
2.60	44	57.2	42.1	40612	1453	383	34320	673	49.4	3	12923	646
2.70	25	32.5	36.7	23075	738	218	19500	390	51.3	3	7343	367
2.80	40	52.0	41.1	36920	1360	348	31200	615	53.2	3	11748	587
2.90	40	52.0	41.1	36920	1407	348	31200	615	55.1	3	11748	587
3.00	40	52.0	41.1	36920	1455	348	31200	616	57.0	3	11748	587
3.10	25	32.5	36.7	23075	842	218	19500	393	58.9	4	6750	338

3.20	16	20.8	32.7	14768	542	139	12480	259	60.8	4	4320	216
3.30	12	15.6	30.3	11076	432	105	9360	200	62.7	4	3240	162
3.40	13	16.9	30.9	11999	475	113	10140	216	64.6	4	3510	176
3.50	14	18.2	31.5	12922	520	122	10920	231	66.5	4	3780	189
3.60	16	20.8	32.7	14768	606	139	12480	262	68.4	4	4320	216
3.70	20	26.0	34.7	18460	791	174	15600	322	70.3	4	5400	270
3.80	27	35.1	37.3	24921	1112	235	21060	427	72.2	4	7290	365
3.90	21	27.3	35.2	19383	881	183	16380	338	74.1	4	5670	284
4.00	15	19.5	32.1	13845	629	131	11700	249	76.0	4	4050	203
4.10	15	19.5	32.1	13845	643	131	11700	250	77.9	5	3748	187
4.20	10	13.0	29.0	9230	470	87	7800	176	79.8	5	2499	125
4.30	13	16.9	30.9	11999	591	113	10140	221	81.7	5	3248	162
4.40	12	15.6	30.3	11076	565	105	9360	207	83.6	5	2998	150
4.50	25	32.5	36.7	23075	1206	218	19500	402	85.5	5	6246	312
4.60	18	23.4	33.7	16614	865	157	14040	298	87.4	5	4497	225
4.70	40	52.0	41.1	36920	2259	348	31200	627	89.3	5	9994	500
4.80	50	65.0	43.4	46150	3226	436	39000	777	91.2	5	12493	625
4.90	50	65.0	43.4	46150	3292	436	39000	777	93.1	5	12493	625
5.00	25	32.5	36.7	23075	1337	218	19500	405	95.0	5	6246	312
5.10	35	45.5	39.7	32305	2033	305	27300	555	96.9	6	8130	407
5.20	20	26.0	34.7	18460	1097	174	15600	331	98.8	6	4646	232
5.30	21	27.3	35.2	19383	1185	183	16380	347	100.7	6	4878	244
5.40	30	39.0	38.3	27690	1768	261	23400	482	102.6	6	6969	348
5.50	45	58.5	42.3	41535	3141	392	35100	706	104.5	6	10453	523
5.60	55	71.5	44.4	50765	4353	479	42900	856	106.4	6	12776	639

TABELLA PROVA PENETROMETRICA DPSH (DA ARCHIVIO REGIONALE)

		PROVE PENETROMETRICHE Via per Modena, 8 - Tel. 059/535046 - 41051 CASTELNUOVO R. (MO) p.IVA e C.F. 00812530368		Rapporto di prova n°: R00845			
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA				DIN 2			
- committente : Studio Geologico Associato FOR-GEO - lavoro : Studio terreno - località : Frassinoro - Area 4 - sperimentatore : Dott. Giuseppe Colucci		- data prova : 20/03/2008 - quota inizio : Piano campagna - prof. falda : 4,80 m da quota inizio - data emiss. : 21/03/2008 - pagina n°: 1/3					
- note :							
Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	1	0,7	1	2,80 - 3,00	6	3,5	4
0,20 - 0,40	1	0,7	1	3,00 - 3,20	3	1,8	4
0,40 - 0,60	1	0,7	1	3,20 - 3,40	1	0,6	4
0,60 - 0,80	3	2,2	1	3,40 - 3,60	2	1,2	4
0,80 - 1,00	3	2,0	2	3,60 - 3,80	6	3,5	4
1,00 - 1,20	2	1,4	2	3,80 - 4,00	8	4,4	5
1,20 - 1,40	3	2,0	2	4,00 - 4,20	8	4,4	5
1,40 - 1,60	3	2,0	2	4,20 - 4,40	8	4,4	5
1,60 - 1,80	4	2,7	2	4,40 - 4,60	8	4,4	5
1,80 - 2,00	5	3,2	3	4,60 - 4,80	8	4,4	5
2,00 - 2,20	4	2,5	3	4,80 - 5,00	8	4,2	6
2,20 - 2,40	3	1,9	3	5,00 - 5,20	14	7,3	6
2,40 - 2,60	5	3,2	3	5,20 - 5,40	27	14,1	6
2,60 - 2,80	3	1,9	3	5,40 - 5,60	70	36,7	6


PROVE PENETROMETRICHE srl

• Prospezione sismica HVSr

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: MICROMED TROMINO ENGY

Strumento: TEP-0149/01-11

Inizio registrazione: 25/08/12 17:21:16 Fine registrazione: 25/08/12 17:37:16

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-;
TRG + TRG -

Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 77% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

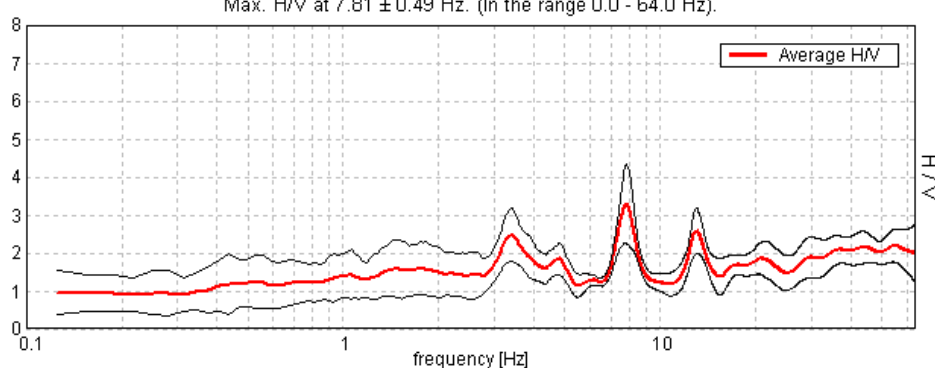
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

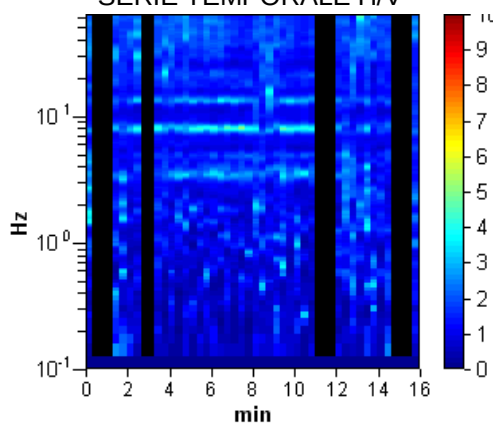
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

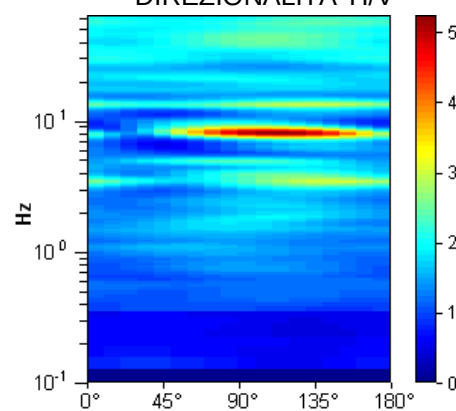
Max. H/V at 7.81 ± 0.49 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



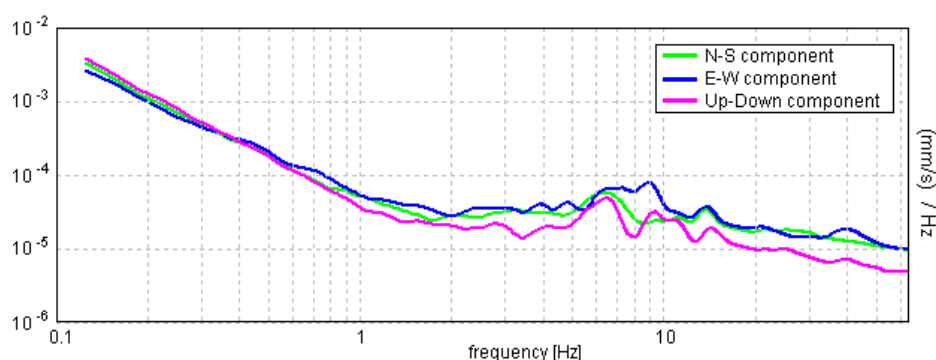
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

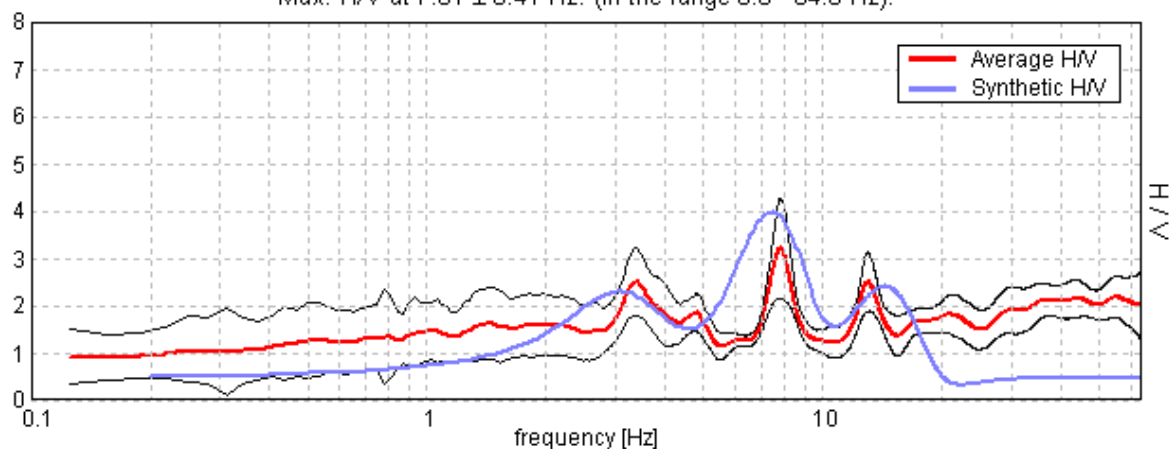


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

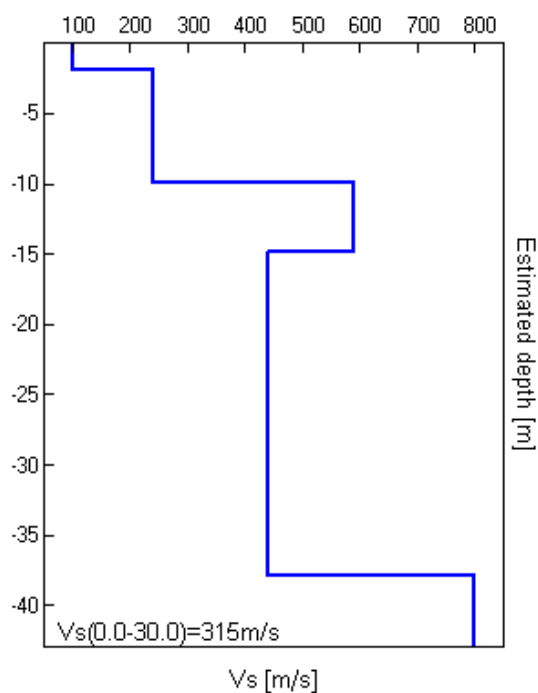


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 7.81 ± 0.41 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.90	1.90	100	0.35
9.90	8.00	240	0.35
14.90	5.00	590	0.35
37.90	23.00	440	0.35
inf.	inf.	800	0.35



$V_s(0.0-30.0)=315\text{m/s}$

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 7.81 ± 0.49 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$7.81 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5781.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 376	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.0 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.781 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.29 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03051 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.23839 < 0.39063$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5048 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

<i>Domanda</i>	n. 026
<i>Richiedente</i>	Aravecchia Clara
<i>Foglio</i>	19
<i>Mappali</i>	271 - 272
<i>Tavola PRG</i>	5.6

STUDIO GEOLOGICO PETRA

di Dott. Geol. Andrea Zanotti
Piazza Matteotti, 37 - 41121 Modena - tel./fax +3959220030 - studiopetra@libero.it
Codice fiscale ZNTNDR64E03I462U - Partita I.V.A. 02012030363

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO E RELAZIONE SISMICA

VARIANTE AL PIANO REGOLATORE DEL COMUNE DI
FRASSINORO (MO): LOTTIZZAZIONE PRIVATA “ARAVECCHIA
GIULIANA”, LOC. PIASCANETI.

REGIONE
EMILIA – ROMAGNA



RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 11/03/1988, lettere A, B, H;
- Circolare LLPP 24/10/88 n. 30483;
- R.D. n. 3267/1923 e n. 1126/1926,
- L.R. 3/1999, direttiva regionale 117/2000 (Vincolo Idrogeologico)
- PTPC Provincia di Modena;
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino del Fiume PO;
- O.P.C.M. n. 3274/2003 (classificazione sismica territorio);
- D. A. L. n. 112/2007 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”
- D. M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni).
- Circolare C.S.LL.PP. 2/2/2009 n.617.

COMMITTENTE :
SIG. ARAVECCHIA GIULIANA

IL TECNICO :
DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI

MODENA 06/09/2012

RELAZIONI Frassinoro –variante 2012 Aravecchia Giuliana

PUNTI TRATTATI

CAP. 1	INTRODUZIONE	pag. 2
CAP. 2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pag. 3
CAP. 3	GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE	pag. 3
CAP. 4	CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE	pag. 6
CAP. 5	STRATIGRAFIA PARAMETRI GEOTECNICI	pag. 7
CAP. 6	RELAZIONE SISMICA	pag. 9
CAP. 7	CONCLUSIONI	pag. 15
	ALLEGATI	pag. 17

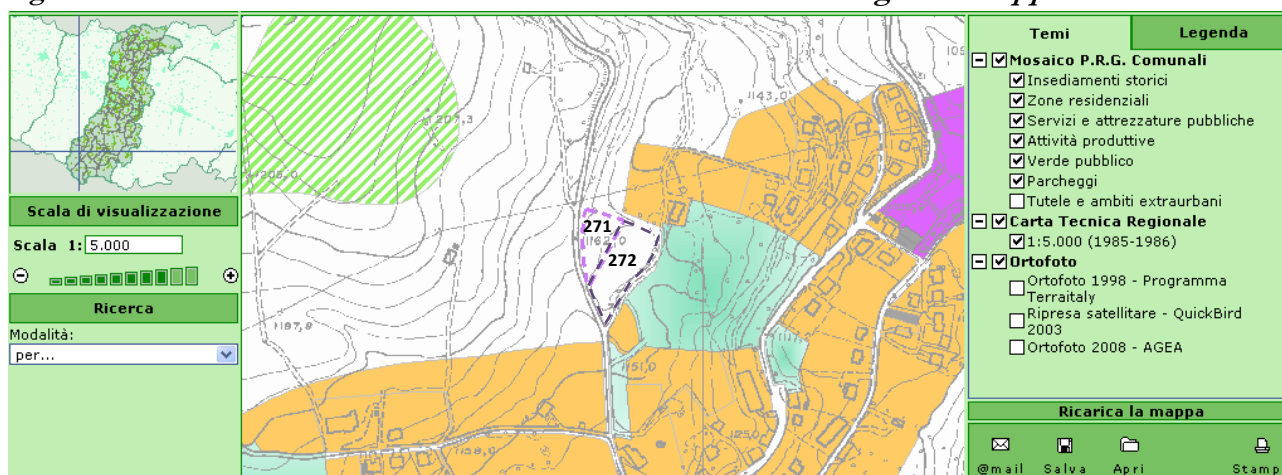
Cap. 1 INTRODUZIONE

Su incarico della committenza, è stata eseguita la presente relazione con lo scopo di verificare le caratteristiche generali litostratigrafiche, geomeccaniche e sismiche di un'area del comune di Frassinoro, in relazione ad una richiesta di variante al Piano Regolatore comunale, per un lotto di terreno ubicato presso il capoluogo (loc. Piascaneti), ad una quota media di circa 1162 m /s l m.

E' intenzione della Signora Aravecchia estendere la zona ad uso residenziale nella porzione settentrionale del terreno di proprietà (si veda Foto 2).

Il sito esaminato è confinante con altri lotti in cui sono appena stati eseguiti degli interventi edificatori ad uso residenziale (Fig. 24, mapp. 507 e Fig. 33, mapp. 36). Il diritto di edificabilità dell'area distinta al Fig. 33 era stato ottenuto nella Variante PRG precedente, ma non compare ancora sul Data Base Provinciale di Fig. 1.

Fig.1 - ZONIZZAZIONE PRG FRASSINORO. Rif. Catasto: Foglio 19 mappali 271 – 272



Estratto da SISTEMONET, Mosaico P.R.G. comunali 2002 (scala di visualizzazione ridotta del 50%)

Foto 1 panorama del lotto(24/08/2012)	Foto 2 (ortofoto AGEA 2011)
■ lotto in cui è richiesta la Variante PRG ○ interventi residenziali recenti	

Cap. 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

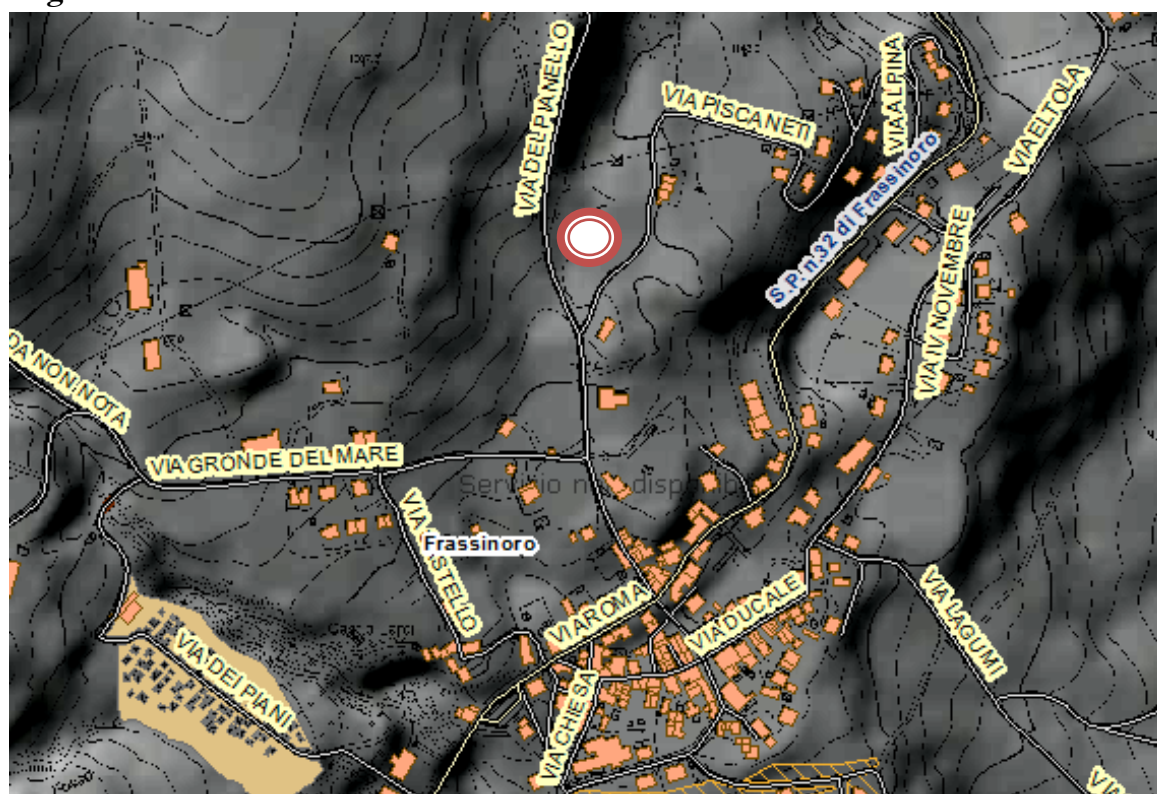
L'area studiata si trova immediatamente a monte dell'abitato di Frassinoro, in Via Piascaneti, al confine con la zona residenziale; essa è rintracciabile sui seguenti documenti topografici:

Cartografia C.T.R.: Foglio 1:25.000 235 SE Pievepelago; Sezione 1:10.000 - 235110 Frassinoro.

Cartografia I.G.M.: Foglio 1:100.000 n. 97 S. Marcello Pistoiese; Tavoleta 1:25.000 IV NO Frassinoro.

Cartografia CATASTALE: Foglio 19; Mappali 271 - 272.

Fig.2 – LOCALIZZAZIONE SITO



Estratto da GEOWIEWER, (scala 1: 5000)

Cap. 3 GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE

3.1- Carta geologica Regione Emilia Romagna

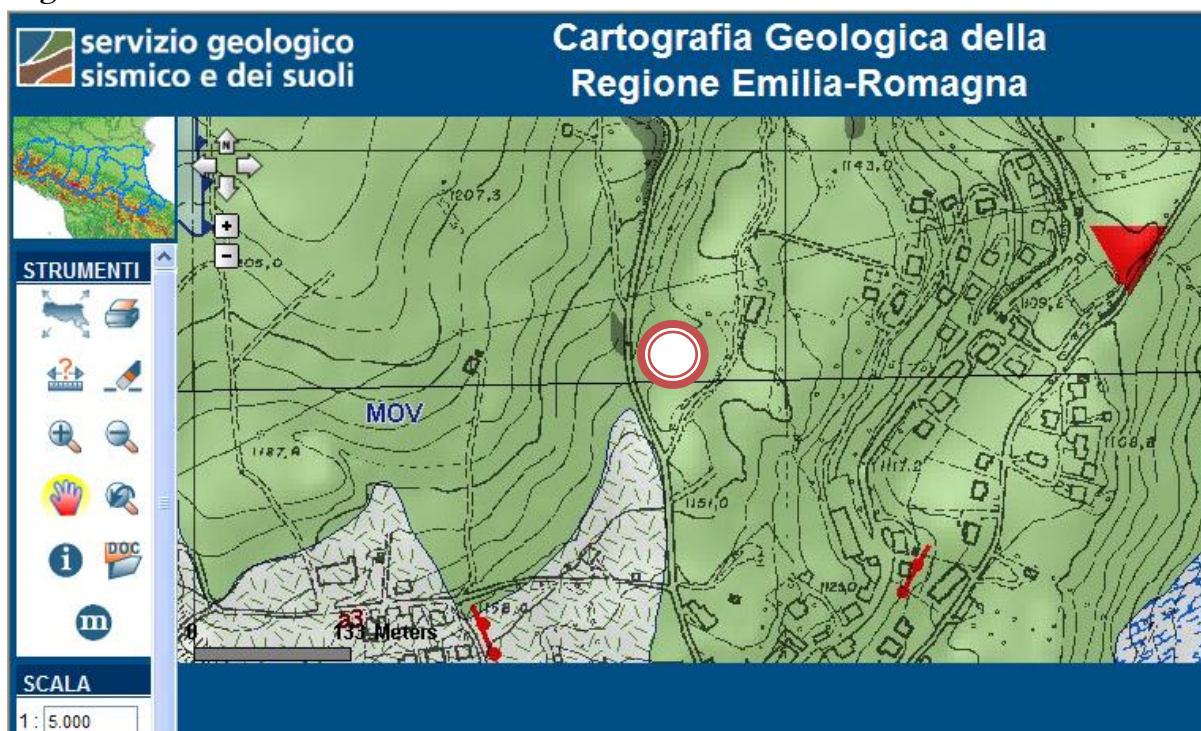
Dal punto di vista geologico, nella zona affiorano terreni appartenenti al **dominio Figure**. Nello specifico dell'area di variante sono presenti terreni attribuibili al Gruppo della formazione di M. Venere quali:

Formazione di Monte Venere (MOV):

Si tratta di ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P > 1/3$.

Fig.3 – CARTOGRAFIA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5.000



LEGENDA

Prove lineari

- prova MASW

Prove puntuali

- carotaggio continuo
- + misure di microtremore a stazione singola (HVSr)
- prova dinamica con penetrom. superpesante (DPSH)

Coperture quaternarie (10K)

- a3 - Deposito di versante s.l.

Unità geologiche (10K)

- MOV - Formazione di Monte Venere

3.2- Geologia rilevata

Il centro abitato di Frassinoro è posto alla quota di 1131 m e riposa sopra una serie di grandi ripiani, rappresentati da ammassi rocciosi raccordati tra loro; questi ultimi sono costituiti da un flysch calcareo (assimilabile al Flysch di M. Venere, MOV – creta sup.) che affiora con continuità dal fondovalle fino alla zona di crinale. Si tratta di torbiditi calcareo marnose di colore grigio (nocciola se alterate) cui seguono marne ed argille chiare nella porzione superiore degli strati. A luoghi si intercalano potenti pacchi costituiti da strati arenaceo – calcarei ed argille nerastre in strati da sottili a medi. Lo spessore degli strati litoidi varia dai 20 cm ai 2 m; leggermente superiore è lo spessore delle porzioni marnose. Nelle vicinanze del sito tale unità si presenta in giacitura normale con inclinazione media di circa 45°.

Dal punto di vista morfologico l'intero versante appare caratterizzato da una struttura a Gradoni, dove i grandi ripiani rocciosi su cui è insediato l'abitato sono tra loro raccordati tramite versanti decisamente più acclivi.

3.3 - Dettaglio del Sito

L'area oggetto di studio si trova, in posizione pianeggiante, all'interno di un ripiano, in **condizioni di stabilità**.

Dal punto di vista stratigrafico il substrato roccioso è ricoperto da una coltre di terreno costituito dal disfacimento naturale della formazione fliscioide e da depositi colluviali.

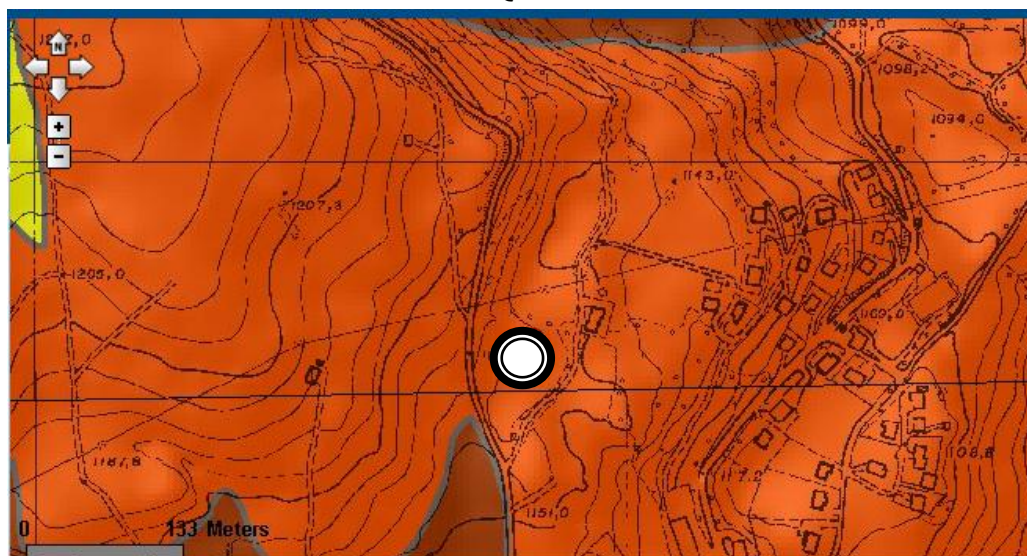
3.4 - Idrogeologia

I terreni affioranti presso il sito sono definiti come *Ammassi rocciosi*, 'rocce magazzino', ovvero un substrato in cui, pur non essendo presente una falda, possono esservi movimenti stagionali di acqua, in relazione alla piovosità.

Nei sondaggi svolti a poche decine di metri dal sito per altri interventi edificatori (gennaio 2001, marzo 2008), non si è rilevata la presenza di acqua (si veda l'ubicazione in Fig.8).

Fig.4 – CARTOGRAFIA SORGENTI E ACQUIFERI REGIONALE

Scala 1:5.000



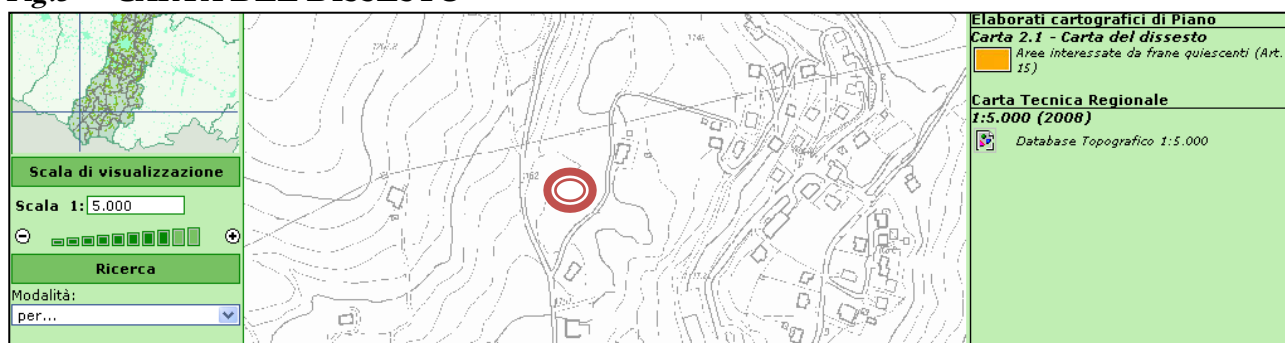
LEGENDA

	Sorgenti
Coperture di versante, su ammassi rocciosi	
	cop1a - Coperture detritiche di versante, associate ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'
Ammassi rocciosi	
	ar1 - Ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'

Cap. 4 CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE

4.1 – PTCP, Carta del Rischio da Frana

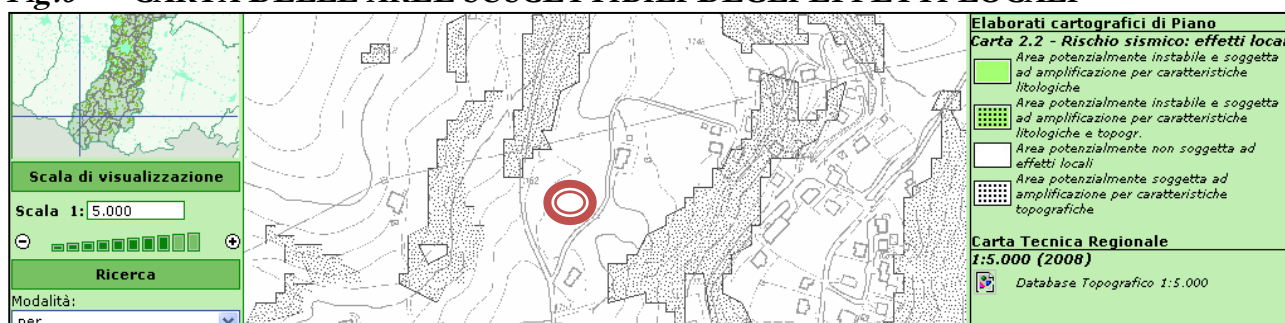
Fig.5 – CARTA DEL DISSESTO



L'area **non è interessata** da alcun tipo di dissesto e quindi non risulta soggetta alle limitazioni dell'art. 15.

4.2 – PTCP, Rischio Sismico

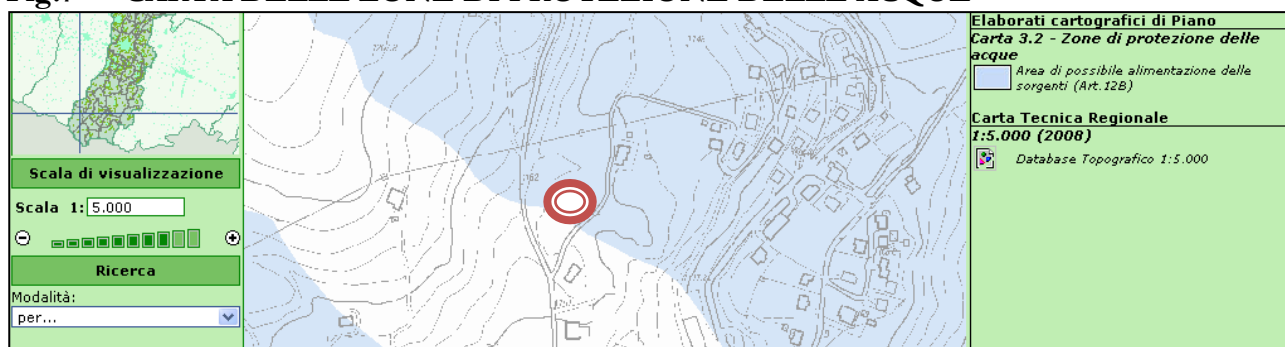
Fig.6 – CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DEGLI EFFETTI LOCALI



Il lotto esaminato ricade in una zona classificata come “**Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali**”, la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico viene descritta nel capitolo 6.

4.3 – PTCP, Protezione delle acque

Fig.7 – CARTA DELLE ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE



Il sito ricade in un'area di possibile alimentazione delle sorgenti e pertanto è assoggettato alle limitazioni dell'art. 12B, che non preclude la Variante al PRG richiesta.

Cap. 5 - STRATIGRAFIA, PARAMETRI GEOTECNICI

La stratigrafia del sito è stata delineata facendo riferimento a 2 prove penetrometriche DPSH realizzate, da privati, su lotti adiacenti oggetto di recenti edificazioni monofamiliari (Foglio 24, mapp. 507 e, foglio 33 mapp. 36). Tali sondaggi presentano una buona coerenza sia tra di loro, sia con una prospezione sismica HVSR eseguita sul sito in data 25/08/2012.

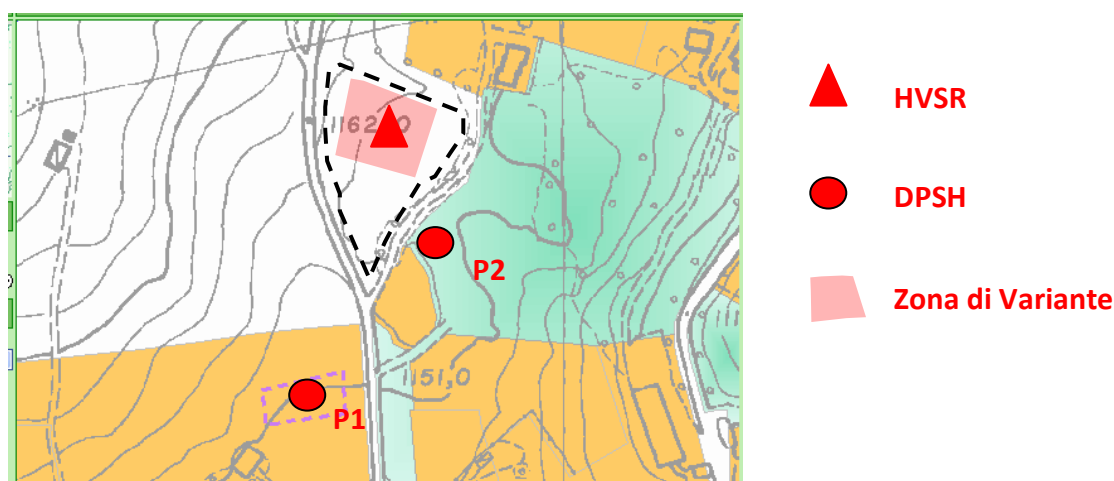
L'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche evidenzia la presenza di un Flysch, cioè di un'alternanza di strati argillosi coesivi con strati "rocciosi". L'analisi dei valori di picco della resistenza alla penetrazione indica però che, nei primi 4/5 metri di terreno, il substrato roccioso appare disgregato e fratturato, in seguito a fenomeni di alterazione naturali. Si rileva così la presenza disordinata di trovati rocciosi frammisti a terreni detritici di natura sia coesiva sia litoide.

In sostanza il terreno di fondazione nel suo insieme può essere considerato come un buon terreno detritico piuttosto che come un terreno roccioso in posto.

L'analisi sismica realizzata sul sito conferma la presenza di terreno compatto, con caratteristiche meccaniche crescenti in profondità, a partire da circa 3 m, evidenziando uniformità con le prove penetrometriche.

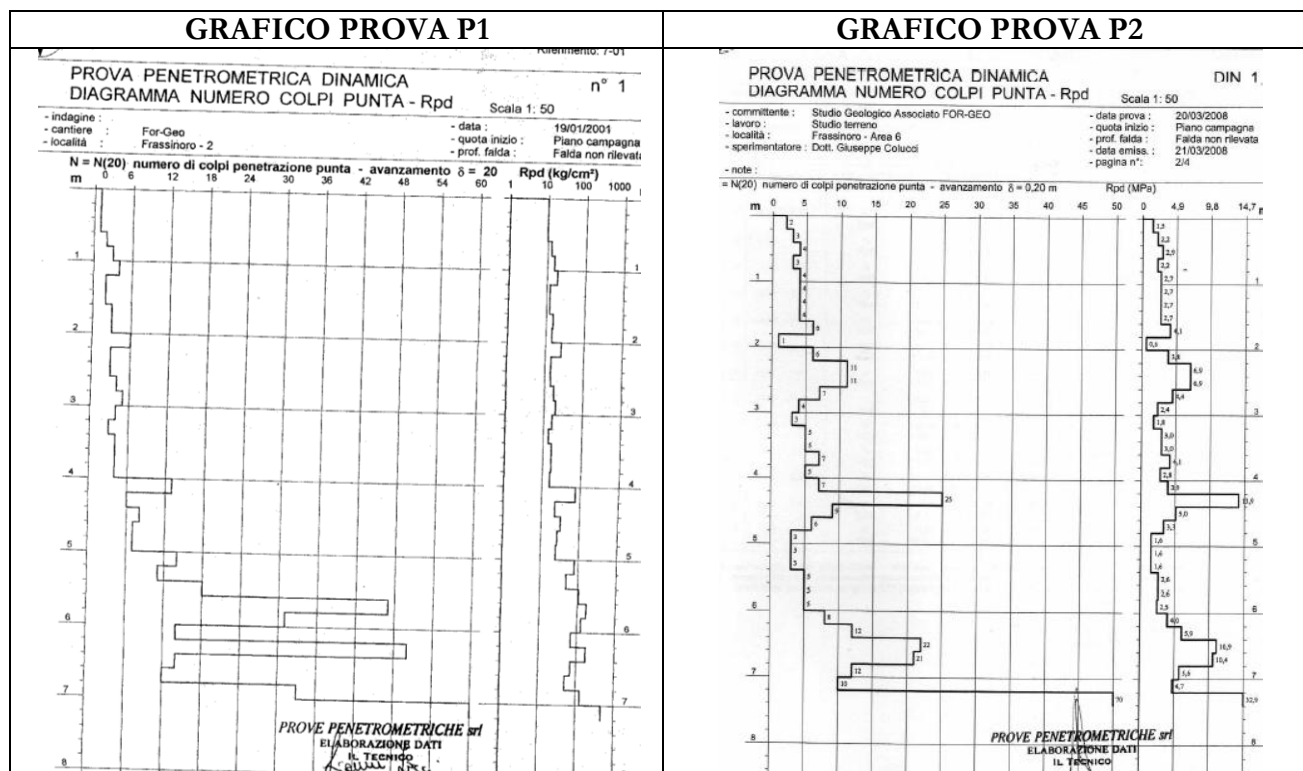
Il terreno diviene impenetrabile a circa 7 m dal piano campagna.

FIG. 8 UBICAZIONE SONDAGGI scala 1:5000



Di seguito vengono sintetizzati i grafici originali delle prove DPSH, gentilmente concessi dai proprietari, mentre in ALLEGATO sono riportate le rielaborazioni comprensive di grafici e tabelle.

I parametri geotecnici elencati nella pagina seguente sono stati "tarati" sulla prova P2, che risulta adiacente al sito.



PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO INVESTIGATO

L'elaborazione delle prove penetrometriche ha permesso la ricostruzione dei seguenti parametri geotecnici:

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

COMUNE: FRASSINORO						DATA: 28/03/2008					
NOME FILE ELIO 1						PENETROMETRO DPSH					
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]			ϕ [°]	Mo [kN/m²]	Qa1 [kN/m²]	Cu [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Qa2 [kN/m²]	σ_v' [kN/m²]	Rpd [kN/m²]	Qa3 [kN/m²]
0.6	3.0	6.6	24.9	4686	63	44	3960	78	7.6	2235	89
2.2	4.0	8.8	26.2	6248	156	59	5280	111	28.5	2741	110
3.6	6.6	14.5	29.3	10265	372	97	8674	185	57.0	4129	165
4.4	11.0	24.2	32.5	17182	930	162	14520	304	77.9	6293	252
6.2	5.2	11.5	27.9	8157	554	77	6893	166	102.6	2802	112

H = Profondità del letto dello strato elementare

N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento

Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)

$\phi^o = N_{spt} < 30 \quad (15 \cdot N_{spt})^{\frac{1}{3}} + 15; N_{spt} > 30 \quad -0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26$. (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)

Mo = $710 \cdot N_{spt}$ [Modulo Confinato] [kN/m²] (Farrent)

Qa1 = $(h \cdot \gamma' \cdot N_q) / 3$ [kN/m²] (Carico ammissibile - Terzaghi semplificata)

Ed = $600 \cdot N_{spt}$ [Modulo Edometrico] [kN/m²] (Stroud & Butler)

Cu = $6.7 \cdot N_{spt}$ [kN/m²] (Terzaghi)

Qa2 = $(Cu \cdot N_c) / 3$ [kN/m²] (Carico ammissibile - Terzaghi semplificato)

Rdp = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$ [kN/m²] (Formula degli Olandesi)

Qa3 = $Rdp / 15 + 30$; $Rdp / 20$ [kN/m²] (Carico ammissibile, Sanglerat)

PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO (fondaz. Superficiali)

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
0.6	3.0	6.6	3	24.9	9.1	29.8	24.6	44	268.5	162	116
2.2	4.0	8.8	8	26.2	2.6	24.3	19.9	59	23.6	42	30
3.6	6.6	14.5	7	29.3	3.6	26.5	21.7	97	48.0	59	42
4.4	11.0	24.2	4	32.5	6.2	31.1	25.8	162	138.3	132	94
6.2	5.2	11.5	9	27.9	2.7	26.1	21.4	77	31.9	56	40

LEGENDA

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato
 ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato
 ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)
 ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma\phi' = 1.25$]
 C_{um} = Dato medio della coesione non drenata
 C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)
 C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

(continua PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO)

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	MO_m [kN/m ²]	dev stand	MO_k [kN/m ²]	MO_d [kN/m ²]	Ed_m [kN/m ²]	dev stand	Ed_k [kN/m ²]	Ed_d [kN/m ²]
0.6	3.0	6.6	3.0	4686	28448	17144	17144	3960	24041	14488	14488
2.2	4.0	8.8	8.0	6248	2505	4454	4454	5280	2117	3764	3764
3.6	6.6	14.5	7.0	10265	5090	6227	6227	8674	4301	5262	5262
4.4	11.0	24.2	4.0	17182	14653	13975	13975	14520	12383	11810	11810
6.2	5.2	11.5	9.0	8157	3384	5932	5932	6893	2860	5013	5013

LEGENDA

Num= Numero dei dati presi in considerazione per ogni strato
 MO_m = Media del Modulo Confinato
 MO_k = Valore Caratteristico del Modulo Confinato (5° percentile di distribuzione della media)
 MO_d = Valore di Progetto del Modulo Confinato
 Ed_m = Media del Modulo Edometrico
 Ed_k = Valore Caratteristico del Modulo Edometrico (5° percentile di distribuzione della media)
 Ed_d = Valore di Progetto del Modulo Edometrico

Cap. 6 - RELAZIONE SISMICA

In seguito alla classificazione sismica proposta dall'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ed al D. M. 14/01/2008 recante *norme tecniche per le costruzioni*, **il Comune di Frassinoro ricade in zona 2.**

Decreti fino al 1984	GdL 1988	Classificazione 2003
sismicità alta, S = 12	prima categoria	Zona 1
sismicità media, S = 9	seconda categoria	Zona 2
sismicità bassa, S = 6	terza categoria	Zona 3

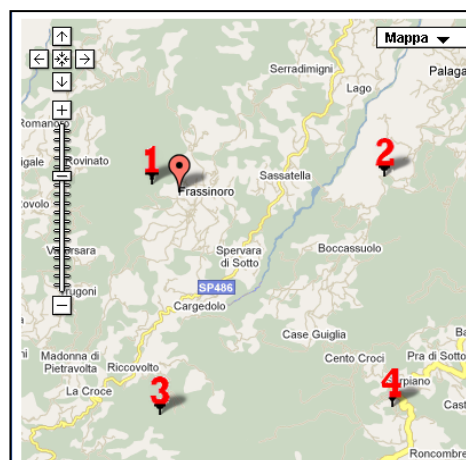
6.1 Pericolosità sismica di base del sito

Coordinate WGS84: latitudine: 44,299427 [°], longitudine: 10,571808 [°]

Secondo il D.M. 14/01/2008 il calcolo dell'azione sismica dipende innanzitutto dalla posizione geografica del sito. La normativa fornisce per **10751** punti del *reticolo di riferimento* 9 valori del periodo di ritorno TR (**30** anni, **50** anni, **72** anni, **101** anni, **140** anni, **201** anni, **475** anni, **975** anni, **2475** anni).

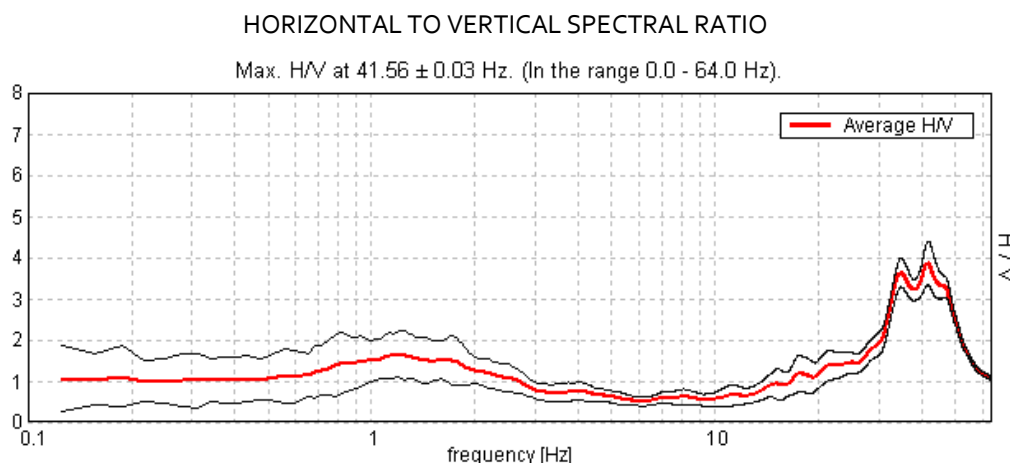
Introducendo le coordinate geografiche esatte dell'intervento si ottengono i parametri sismici di base dell'area (a_g , F_0 , T_c) e gli spettri di risposta elastici di base per i periodi TR di riferimento.

Questi ultimi non tengono conto degli effetti determinati dall'“*amplificazione sismica locale*” e dal tipo di “*prestazioni*” previste per l'edificio in progetto, che vengono pertanto dimensionati nei paragrafi successivi.



6.2 Amplificazione stratigrafica

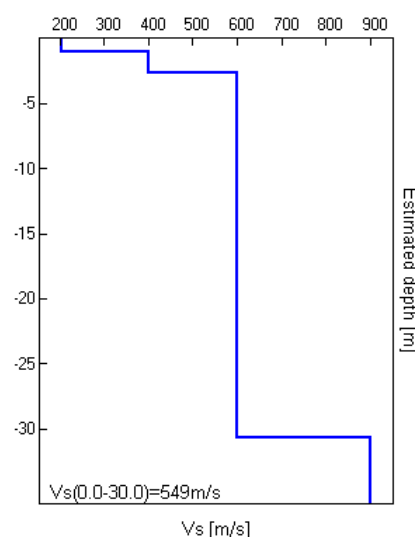
Ai sensi della normativa vigente la classificazione del suolo avviene in base alla velocità delle onde S nel terreno, entro i primi 30 m di profondità dal p.c. Per determinare tale valore (denominato **V_s 30**), in data 24/08/2012, è stata eseguita, presso il sito, una prospezione sismica mediante sismografo a stazione singola della Micromed (tromino Engy). La misura si basa sulla registrazione dei microtrempi tramite i rapporti spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali e verticali del moto (Noghoishi e Igarashi 1970). La frequenza fondamentale di risonanza (F_r) dello strato relativa alle onde S è pari a: $F_r = V_s / (4 \cdot h)$. Dal grafico che segue si possono osservare dei picchi che corrispondono agli strati di terreno identificati (terreno agrario, strato alterato, e substrato compatto).



Dalla formula precedente, fissati i valori medi della V_s , si può calcolare approssimativamente lo spessore del primo strato costituito da terreno superficiale (1.0 m)

Estendendo e raffinando il ragionamento a tutti gli altri strati ed eseguendo l'inversione della velocità con ricostruzione teorica del grafico delle frequenze attraverso opportuno software si ottiene la seguente interpretazione stratigrafica più dettagliata:

Si noti un primo netto cambio di velocità a circa -1,0 m dal p.c. corrispondente al passaggio *terreno superficiale* – *flysch alterato*, ed un secondo cambio a -2,7 m dal p.c fra *flysch alterato* - *roccia fliscioide compatta* con $V_s = 600$ m/s.



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]
1.00	1.00	205
2.70	1.70	400
30.70	28.00	600
inf.	inf.	900

In conclusione, dall'analisi delle V_{s30} misurate con il sismografo, si ottiene un suolo con:

$$V_{s30} = 549 \text{ m/s.}$$

Determinata la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio (V_{s30}), ai sensi della normativa vigente si classifica il terreno di fondazione dell'intervento in progetto appartenente alla categoria B:

categoria "B" Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con $360 \text{ m/s} < V_{s30} < 800 \text{ m/s}$ (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ o coesione non drenata $c_u > 250 \text{ Kpa}$).

Dove il coefficiente di amplificazione stratigrafica vale:

$$S_s = 1.2$$

6.3 Amplificazione topografica

Dal punto di vista topografico il terreno rientra nella: **classe T1**

T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

dove il coefficiente di amplificazione topografica vale: $S_t = 1.0$

6.4 Strategia di progettazione

La **vita nominale** di un'opera strutturale **VN** è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 **classi d'uso**, alle quali vengono associati i seguenti **coefficienti d'uso CU** :

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE CU	0.7	1.0	1.5	2.0

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un **periodo di riferimento VR** che si ricava, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:
 $VR = VN \times CU$

Ipotizzando la realizzazione di un nuovo manufatto ad uso abitazione civile, sono quindi attese le seguenti prestazioni:

vita nominale VN = 50 anni (opere ordinarie),

classe d'uso = II , (normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente)

coefficiente d'uso cu = 1,

vita di riferimento VR = VN x CU = 50 x 1 = 50 anni

6.5 Azione sismica di progetto

Combinando l'azione sismica di base (determinata dalla posizione geografica del sito) con gli effetti di amplificazione locale e le prestazioni attese dalla costruzione, si calcolano i parametri **a_g , F_o , T_c** , da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE** di **Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU** di **Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, come previsto dalla normativa vigente.

STATO LIMITE	Prob. Superamento (%)	T_R (anni)	A_g (g)	F_o (-)	T_c (s)
SLO operatività	81	30	0.060	2,478	0,249
SLD danno	63	50	0.076	2,458	0,260
SLV vita	10	475	0.174	2,514	0,292
SLC collasso	5	975	0.219	2,511	0,305

a_g è l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale. **F_o** è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2. **T_c** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

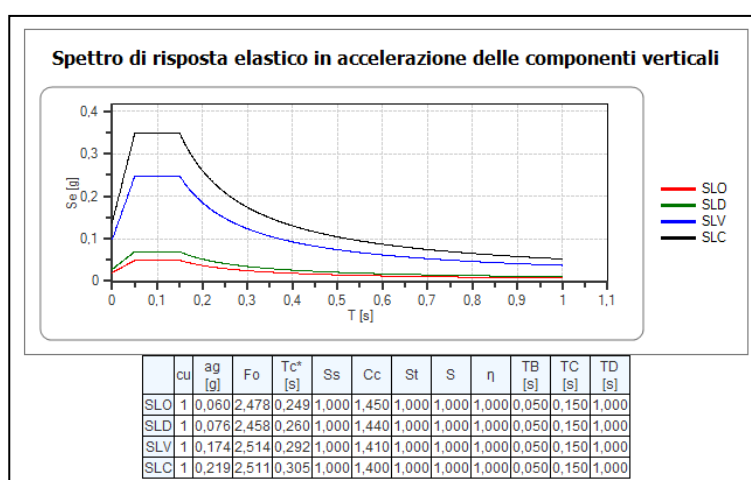
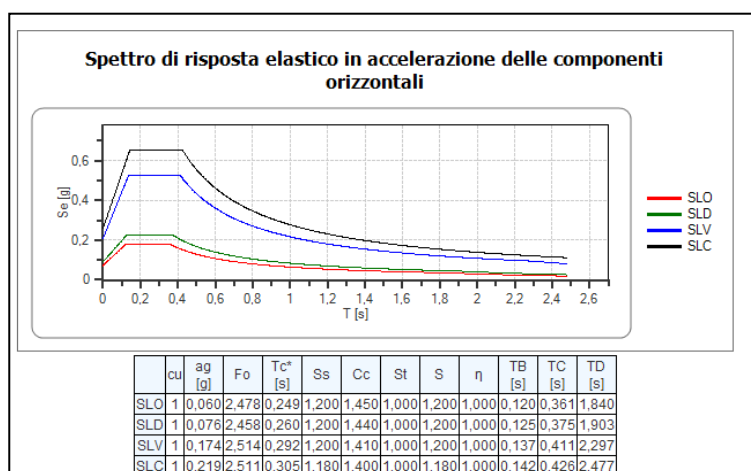
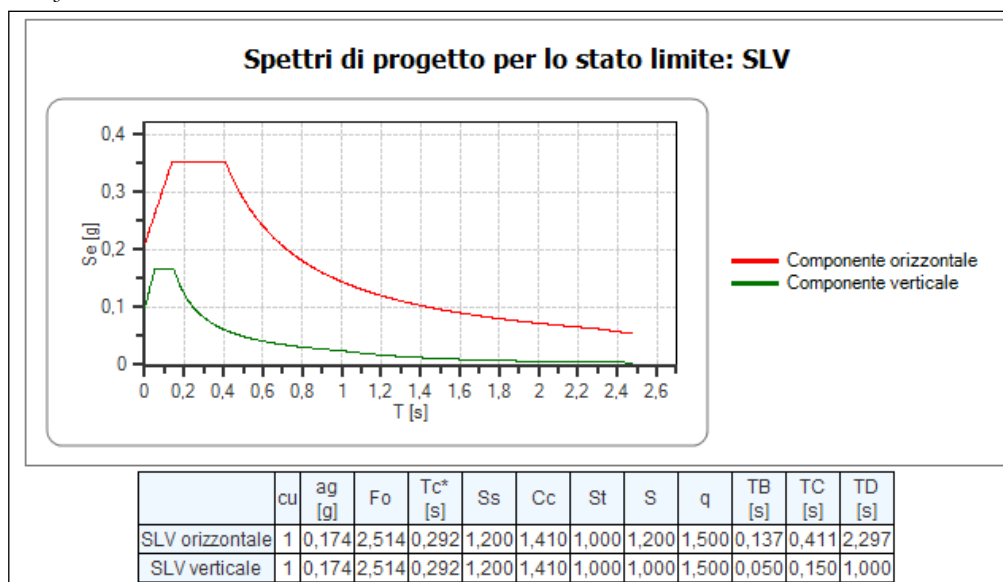
Nella sottostante tabella si riassumono i principali **Coefficienti sismici**:

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,450	1,000	0,013	0,006	0,706	0,180
SLD	1,200	1,440	1,000	0,016	0,008	0,891	0,180
SLV	1,200	1,410	1,000	0,050	0,025	2,052	0,240
SLC	1,180	1,400	1,000	0,080	0,040	2,537	0,310

Ss = amplificazione stratigrafica, **CC** = coefficiente che modifica il valore del periodo **TC**, **Kh** = coefficiente sismico orizzontale, **Kv** = coefficiente sismico verticale, **St** = amplificazione topografica, **Amax** = accelerazione massima in superficie.

Ne risultano i seguenti **spettri di progetto ed elastici** :

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.



Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_I \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{0,1(S+1)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c T_D}{T^2} \right)$$

6.6 Accelerazione massima in superficie

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima ($a_{\max}$) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di $a_{\max}$ può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s ed S_t sono rispettivamente i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica. In questo caso riferendoci allo stato limite SLV si ottiene:

$$a_{\max} = 1.2 \times 1 \times 0.174 \times g = 2,537 \text{ m/s}^2$$

6.7 Verifica a liquefazione

Le indagini svolte hanno escluso la presenza di orizzonti liquefacibili.

6.8 calcolo dei Fattori di Amplificazione (F.A.) sismica al suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura si ottiene con la seguente formula:

$$V_{s_{\text{MEDIA}}} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}} = 296 \text{ m/s}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura
 h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo
 V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo

Tenendo conto delle prove penetrometriche e sismiche realizzate sul sito si determina lo spessore dello strato di copertura a 5 m.

Attraverso il dato ottenuto, con l'ausilio delle tabelle allegate alla deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna si determinano i fattori di amplificazione per le caratteristiche litologiche, che valgono:

F.A. P.G.A. (Picco Accelerazione Gravitazionale) = 1.7

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_o < 0.5s$ = 1.5

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_o < 1.0s$ = 1.4

Cap. 7 CONCLUSIONI

La presente relazione tratta dell'analisi di fattibilità di una variante del Piano Regolatore di Frassinoro (MO), per un lotto di terreno ubicato a monte del capoluogo in via Piascaneti.

I dati relativi ai caratteri geologici, geotecnici e sismici del sito sono stati confrontati con le prescrizioni contenute nelle leggi e negli strumenti di pianificazione vigenti.

Si è rilevato che il sito è ubicato immediatamente a monte del capoluogo e si trova sopra un terreno costituito dalla Formazione di Montevenere (MOV), in posto.

Il lotto si trova in **condizioni di stabilità e non interferisce con acque di falda e/o superficiali**.

Dal confronto con il P.T.C.P. della Provincia di Modena si è riscontrato che la variante proposta **non interferisce** con le limitazioni d'uso del suolo previste dalle norme di Piano (si veda cap. 4).

La stratigrafia è stata ricostruita con l'ausilio di 2 prova penetrometriche DPSH realizzate da privati a pochi metri di distanza dal lotto in esame e con una prospezione sismica HVSR eseguita sul sito dallo scrivente (si veda Cap. 5).

I dati ottenuti evidenziano la presenza di un primo strato, profondo fino a 5 m, rappresentato da materiale alterato costituito prevalentemente da trovanti litoidi eterometrici inglobati da una matrice bruna coesiva, che mostra buone caratteristiche meccaniche. Tale orizzonte è seguito da terreno roccioso in posto.

Dal punto di vista sismico ne sono emersi i seguenti parametri (si veda cap. 6):

D. M. 14/01/2008

- | | |
|--|------------------------------------|
| - cat. terreno di fondazione: | Cat. "B" ($V_{s30}=556$ m/s) |
| - coefficiente di amplificazione stratigrafica per SLV | $S_s = 1,2$ |
| - classe topografica T1, coefficiente di amplificazione topografica, | $S_t = 1,0$ |
| - accelerazione max in superficie per SLV | $a_{max} = 2,537$ m/s ² |

Deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna

- | | |
|---|---|
| - velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura: | V_s media = 296 m/s |
| - fattori di amplificazione: | |
| | F.A. P.G.A. = 1.7 |
| | F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_o < 0.5s$ = 1.5 |
| | F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_o < 1.0s$ = 1.4 |

i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima), F_o (fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima), T_c (periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro) e gli **spettri elastici di progetto**, da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE di Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU di Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, sono stati dimensionati ipotizzando la realizzazione di un manufatto con CU (classe d'uso) = II e VN (Vita Nominale) = 50 anni. La loro quantificazione dovrà ovviamente essere rivista in fase esecutiva in rapporto alle effettive prestazioni del manufatto.

In conclusione, l'area osservata si trova in condizione di **stabilità** e la realizzazione di eventuali interventi edilizi non produrrà variazioni degli equilibri esistenti.

Per la definizione del tipo di fondazioni da adottare e relativi carichi applicati, si attende un progetto esecutivo che **andrà corredato da specifica campagna geognostica**.

Considerata la non interferenza con acque superficiali e con altre limitazioni di carattere legislativo, **si ritiene verificata la fattibilità geologica, geotecnica e sismica della richiesta variante al Piano Regolatore di Frassinoro (MO)**, relativamente al lotto esaminato.

**DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI
ISCRITTO ALL'ORDINE REGIONALE DEI
GEOLOGI CON IL NUMERO 558**

Si rilascia l'assenso per l'uso di tale relazione da parte del Comune per scopi di tipo pianificatorio.

ALLEGATI

• Prove penetrometriche DPM

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA : PAGANI TG 63-100

M	63.5	Kg	Peso massa battente
H	75	cm	Altezza di caduta
A	50.5	cmq	Diametro della punta conica
α	90	°	Angolo apertura Punta
La	100	cm	Lunghezza asta
Ma	30	Kg	Massa sistema di battuta
d	20	cm	Passo di avanzamento

TABELLA PROVA PENETROMETRICA DPSH **P1** (rif. Catastale Fg. 24 mapp. 507)

COMUNE: FRASSINORO						DATA: 19/01/2001						
NOME FILE PIERAZZI						PENETROMETRO DPSH				FALDA NO		
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			σ_v' [kN/m ²]	Asta	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]				
0.20	1	2.2	20.7	1562	43	15	1320	27	3.8	1	745	30
0.40	1	2.2	20.7	1562	52	15	1320	28	7.6	1	745	30
0.60	1	2.2	20.7	1562	61	15	1320	29	11.4	1	745	30
0.80	2	4.4	23.1	3124	79	29	2640	56	15.2	1	1490	60
1.00	3	6.6	24.9	4686	102	44	3960	82	19.0	2	2071	83
1.20	4	8.8	26.5	6248	129	59	5280	109	22.8	2	2762	110
1.40	2	4.4	23.1	3124	112	29	2640	59	26.6	2	1381	55
1.60	2	4.4	23.1	3124	123	29	2640	61	30.4	2	1381	55
1.80	3	6.6	24.9	4686	155	44	3960	87	34.2	2	2071	83
2.00	3	6.6	24.9	4686	169	44	3960	88	38.0	3	1930	77
2.20	6	13.2	29.1	9372	265	88	7920	165	41.8	3	3861	154
2.40	3	6.6	24.9	4686	196	44	3960	91	45.6	3	1930	77
2.60	3	6.6	24.9	4686	209	44	3960	92	49.4	3	1930	77
2.80	4	8.8	26.5	6248	256	59	5280	119	53.2	3	2574	103
3.00	5	11.0	27.8	7810	309	74	6600	145	57.0	4	3012	120
3.20	4	8.8	26.5	6248	288	59	5280	121	60.8	4	2410	96
3.40	3	6.6	24.9	4686	263	44	3960	97	64.6	4	1807	72
3.60	4	8.8	26.5	6248	319	59	5280	124	68.4	4	2410	96
3.80	4	8.8	26.5	6248	335	59	5280	125	72.2	4	2410	96
4.00	4	8.8	26.5	6248	351	59	5280	126	76.0	5	2265	91
4.20	13	28.6	35.7	20306	1003	192	17160	355	79.8	5	7362	294
4.40	6	13.2	29.1	9372	496	88	7920	179	83.6	5	3398	136
4.60	8	17.6	31.2	12496	653	118	10560	231	87.4	5	4531	181
4.80	7	15.4	30.2	10934	607	103	9240	207	91.2	5	3964	159
5.00	7	15.4	30.2	10934	630	103	9240	208	95.0	6	3740	150
5.20	14	30.8	36.2	21868	1315	206	18480	386	98.8	6	7480	299
5.40	11	24.2	34.1	17182	1048	162	14520	312	102.6	6	5877	235
5.60	18	39.6	38.4	28116	1866	265	23760	490	106.4	6	9618	385
5.80	47	99.0	45.0	70290	4987	663	59400	1173	110.2	6	25113	1005
6.00	31	68.2	43.9	48422	4334	457	40920	821	114.0	7	15677	627
6.20	14	30.8	36.2	21868	1561	206	18480	393	117.8	7	7080	283
6.40	50	99.0	45.0	70290	5499	663	59400	1177	121.6	7	25286	1011

6.60	14	30.8	36.2	21868	1659	206	18480	395	125.4	7	7080	283
6.80	12	26.4	34.9	18744	1450	177	15840	346	129.2	7	6069	243
7.00	33	72.6	44.5	51546	5561	486	43560	878	133.0	8	15841	634
7.20	120	99.0	45.0	70290	6182	663	59400	1182	136.8	8	57604	2304

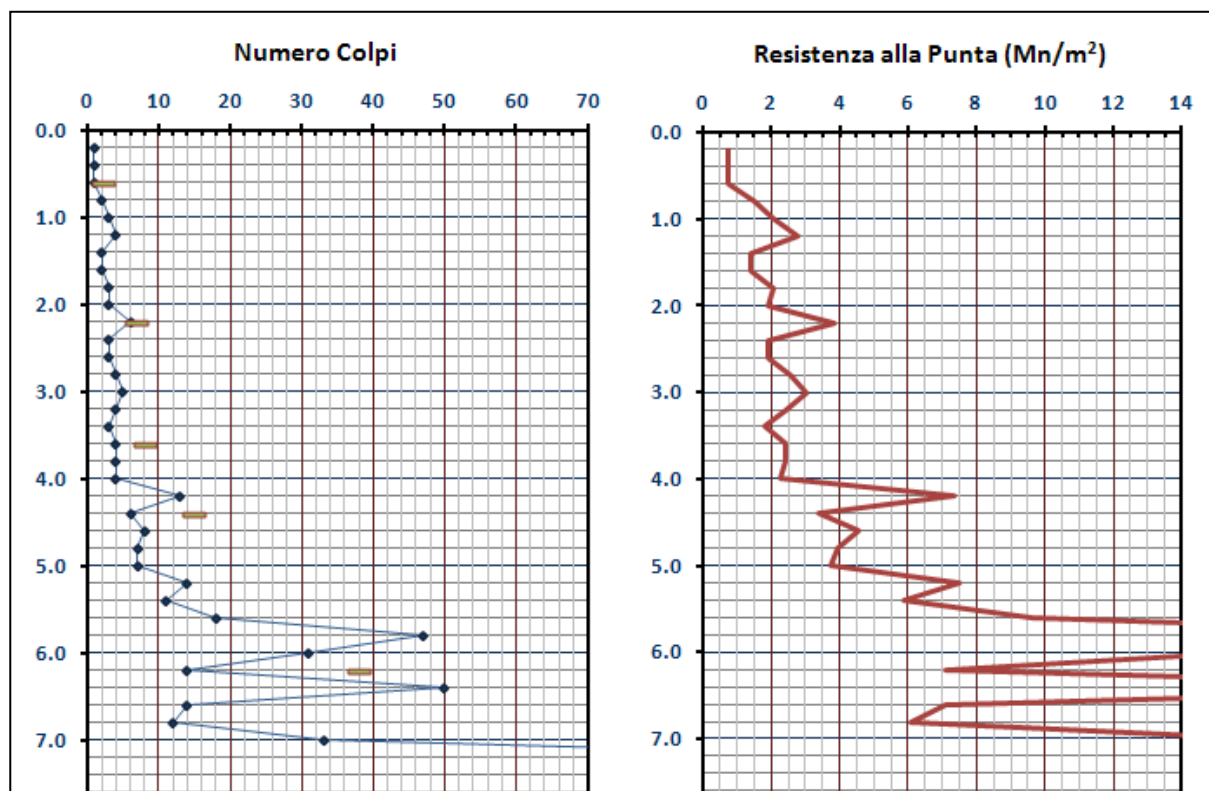
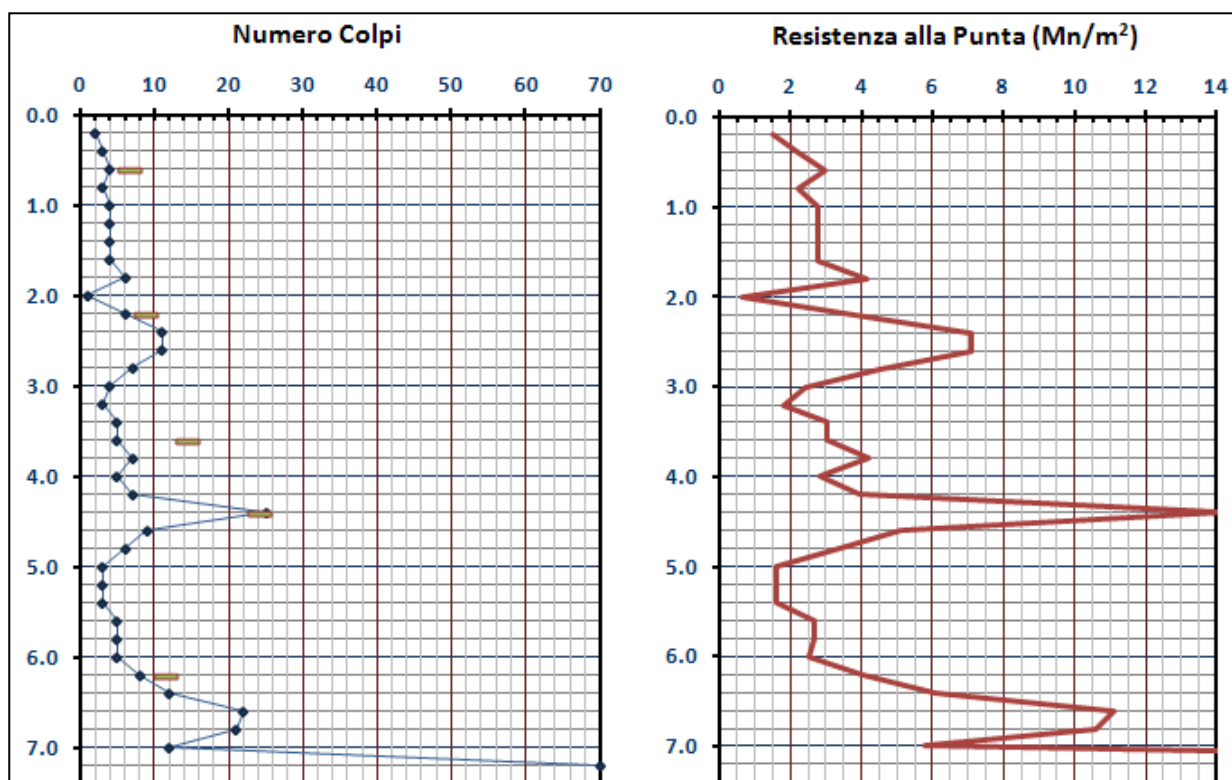


TABELLA PROVA PENETROMETRICA DPSH **P2** (rif. Catastale foglio 33 mapp. 36)

COMUNE: FRASSINORO						DATA: 28/03/2008						
NOME FILE ELIO 1						PENETROMETRO DPSH				FALDA NO		
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva						
			ϕ [°]	Mo [kN/m²]	Qa1 [kN/m²]	Cu [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Qa2 [kN/m²]	σ_v' [kN/m²]	Asta	Rpd [kN/m²]	Qa3 [kN/m²]
0.20	2	4.4	23.1	3124	46	29	2640	52	3.8	1	1490	60
0.40	3	6.6	24.9	4686	61	44	3960	78	7.6	1	2235	89
0.60	4	8.8	26.5	6248	82	59	5280	105	11.4	1	2979	119
0.80	3	6.6	24.9	4686	88	44	3960	81	15.2	1	2235	89
1.00	4	8.8	26.5	6248	114	59	5280	107	19.0	2	2762	110
1.20	4	8.8	26.5	6248	129	59	5280	109	22.8	2	2762	110
1.40	4	8.8	26.5	6248	145	59	5280	110	26.6	2	2762	110
1.60	4	8.8	26.5	6248	161	59	5280	111	30.4	2	2762	110
1.80	6	13.2	29.1	9372	223	88	7920	163	34.2	2	4143	166
2.00	1	2.2	20.7	1562	122	15	1320	38	38.0	3	643	26
2.20	6	13.2	29.1	9372	265	88	7920	165	41.8	3	3861	154
2.40	11	24.2	34.1	17182	485	162	14520	293	45.6	3	7078	283
2.60	11	24.2	34.1	17182	522	162	14520	294	49.4	3	7078	283
2.80	7	15.4	30.2	10934	368	103	9240	195	53.2	3	4504	180
3.00	4	8.8	26.5	6248	272	59	5280	120	57.0	4	2410	96
3.20	3	6.6	24.9	4686	249	44	3960	96	60.8	4	1807	72

3.40	5	11.0	27.8	7810	346	74	6600	148	64.6	4	3012	120
3.60	5	11.0	27.8	7810	364	74	6600	149	68.4	4	3012	120
3.80	7	15.4	30.2	10934	487	103	9240	201	72.2	4	4217	169
4.00	5	11.0	27.8	7810	401	74	6600	152	76.0	5	2832	113
4.20	7	15.4	30.2	10934	535	103	9240	203	79.8	5	3964	159
4.40	25	55.0	41.7	39050	2298	369	33000	659	83.6	5	14158	566
4.60	9	19.8	32.2	14058	728	133	11880	256	87.4	5	5097	204
4.80	6	13.2	29.1	9372	538	88	7920	182	91.2	5	3398	136
5.00	3	6.6	24.9	4686	370	44	3960	107	95.0	6	1603	64
5.20	3	6.6	24.9	4686	384	44	3960	109	98.8	6	1603	64
5.40	3	6.6	24.9	4686	397	44	3960	110	102.6	6	1603	64
5.60	5	11.0	27.8	7810	548	74	6600	162	106.4	6	2672	107
5.80	5	11.0	27.8	7810	566	74	6600	163	110.2	6	2672	107
6.00	5	11.0	27.8	7810	584	74	6600	164	114.0	7	2529	101
6.20	8	17.6	31.2	12496	868	118	10560	241	117.8	7	4046	162
6.40	12	26.4	34.9	18744	1367	177	15840	344	121.6	7	6069	243
6.60	22	48.4	40.4	34364	2853	324	29040	597	125.4	7	11126	445
6.80	21	46.2	39.9	32802	2756	310	27720	573	129.2	7	10620	425
7.00	12	26.4	34.9	18744	1492	177	15840	347	133.0	8	5760	230
7.20	70	99.0	45.0	70290	6182	663	59400	1182	136.8	8	33602	1344



• Prospezione sismica HVSr

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

MICROMED TROMINO ENG

Strumento: TEP-0149/01-11

Inizio registrazione: 24/08/12 13:18:24 Fine registrazione: 24/08/12 13:38:24

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-;
TRG + TRG -

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

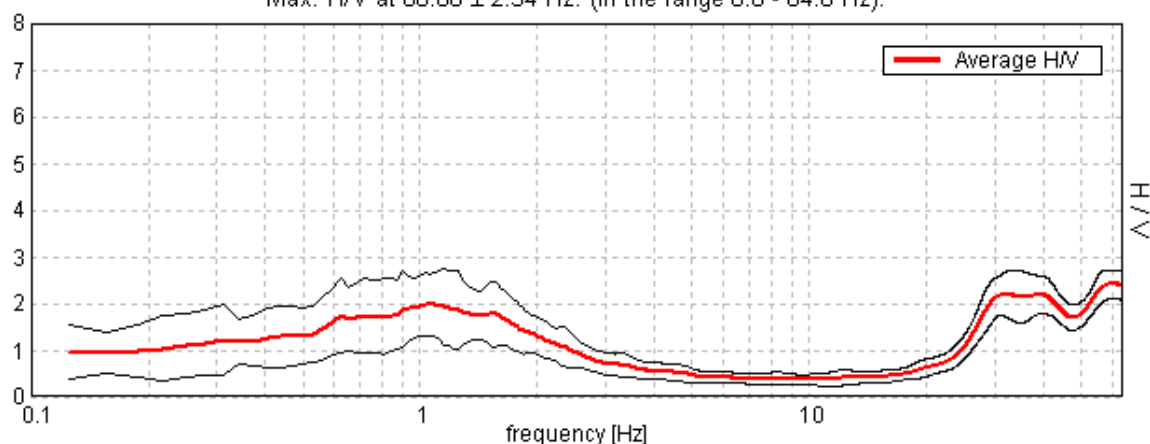
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

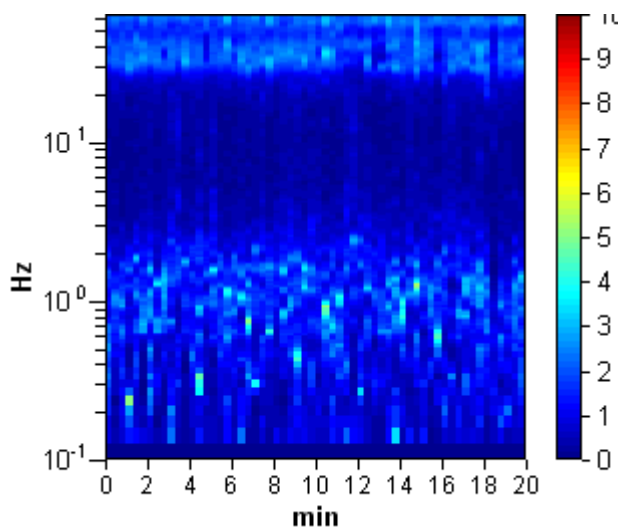
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

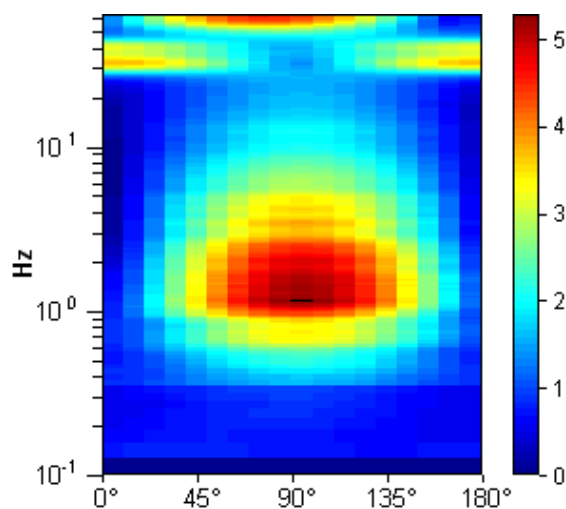
Max. H/V at 60.06 ± 2.54 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

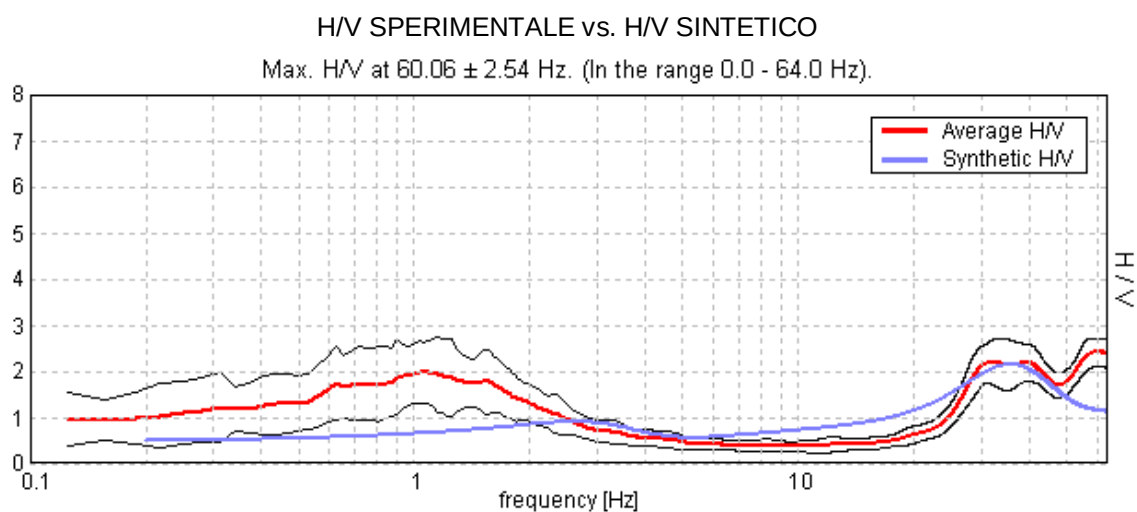
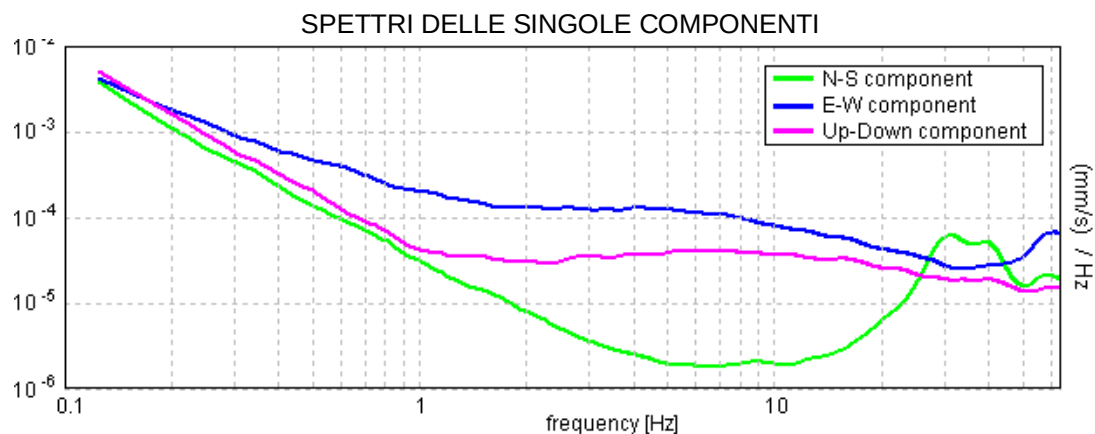


SERIE TEMPORALE H/V

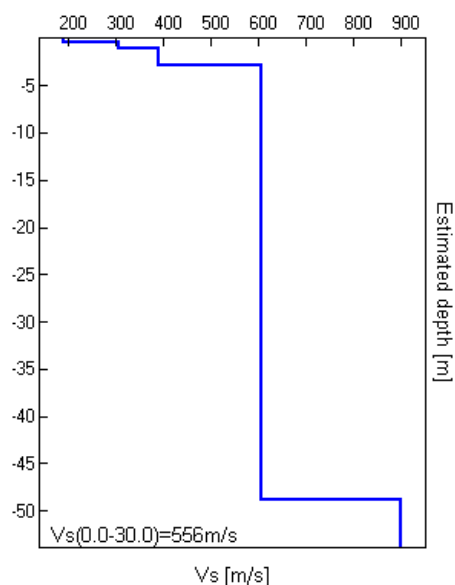


DIREZIONALITA' H/V





Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.50	0.50	190	0.35
1.10	0.60	305	0.35
2.80	1.70	390	0.35
48.80	46.00	605	0.35
inf.	inf.	900	0.35



Vs(0.0-30.0)=556m/s

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 60.06 ± 2.54 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$60.06 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$72075.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1088	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	25.781 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.41 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02099 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.26049 < 3.00313$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1465 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

<i>Domanda</i>	n. 027
<i>Richiedente</i>	Biondini Rolando
<i>Foglio</i>	24
<i>Mappali</i>	474 - 475
<i>Tavola PRG</i>	5.6

STUDIO GEOLOGICO PETRA

di Dott. Geol. Andrea Zanotti
 Piazza Matteotti, 37 - 41121 Modena - tel./fax +3959220030 - studiopetra@libero.it
 Codice fiscale ZNTNDR64E03I462U - Partita I.V.A. 02012030363

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO E RELAZIONE SISMICA

VARIANTE AL PIANO REGOLATORE DEL COMUNE DI
 FRASSINORO (MO): LOTTIZZAZIONE PRIVATA “BIONDINI
 ROLANDO”, VIA GRONDE DEL MARE.

REGIONE
 EMILIA – ROMAGNA



COMUNE DI
 FRASSINORO

RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 11/03/1988, lettere A, B, H;
- Circolare LLPP 24/10/88 n. 30483;
- R.D. n. 3267/1923 e n. 1126/1926,
- L.R. 3/1999, direttiva regionale 117/2000 (Vincolo Idrogeologico)
- PTPC Provincia di Modena;
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino del Fiume PO;
- O.P.C.M. n. 3274/2003 (classificazione sismica territorio);
- D. A. L. n. 112/2007 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”
- D. M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni).
- Circolare C.S.LL.PP. 2/2/2009 n.617.

COMMITTENTE :
SIG. BIONDINI ROLANDO

IL TECNICO :
 DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI

MODENA 05/09/2012

RELAZIONI Frassinoro –variante 2012 Biondini Rolando

PUNTI TRATTATI

CAP. 1	INTRODUZIONE	pag. 2
CAP. 2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pag. 3
CAP. 3	GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE	pag. 3
CAP. 4	CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE	pag. 6
CAP. 5	STRATIGRAFIA PARAMETRI GEOTECNICI	pag. 7
CAP. 6	RELAZIONE SISMICA	pag. 9
CAP. 7	CONCLUSIONI	pag. 14
	ALLEGATI	pag. 16

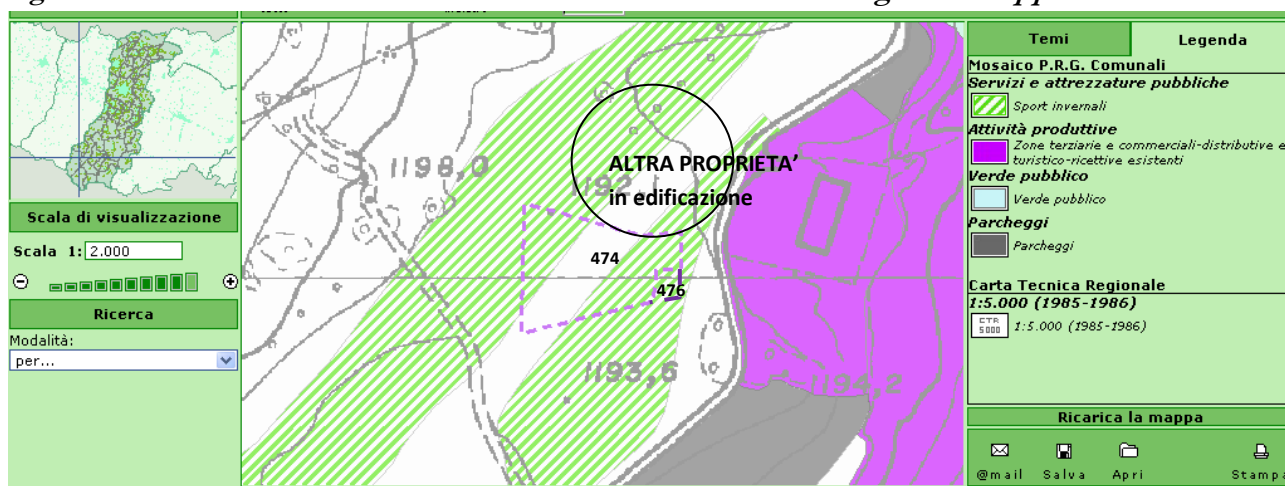
Cap. 1 INTRODUZIONE

Su incarico della committenza, è stata eseguita la presente relazione con lo scopo di verificare le caratteristiche generali litostratigrafiche, geomeccaniche e sismiche di un'area del comune di Frassinoro, in relazione ad una richiesta di variante al Piano Regolatore comunale, per un lotto di terreno ubicato in Via Gronde del Mare, ad una quota media di circa 1192 m /s l m.

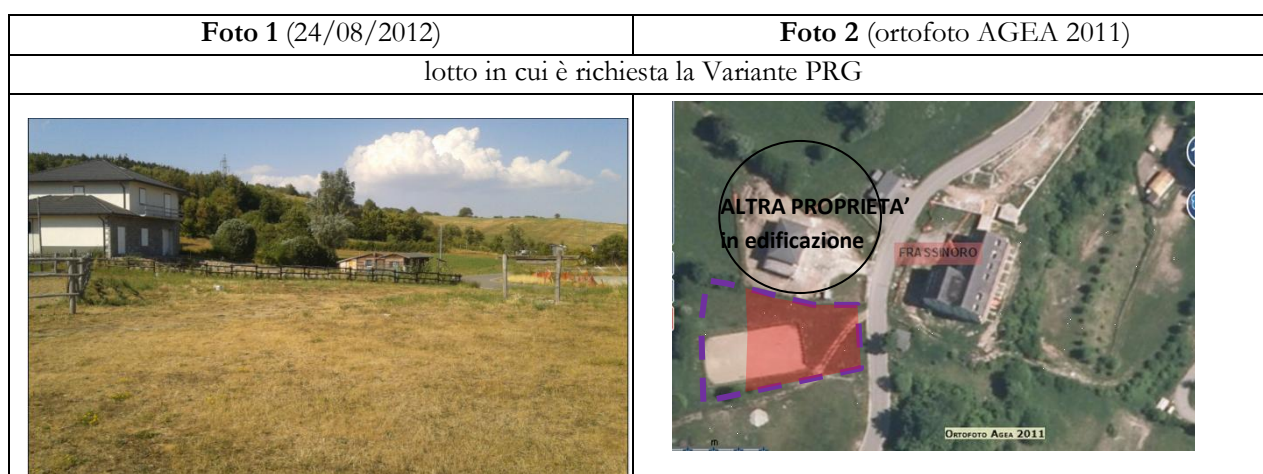
E' intenzione del Sig. Biondini estendere la zona ad uso residenziale nella porzione di terreno prospiciente alla viabilità comunale (si veda Foto 2).

Il sito esaminato è confinante con un lotto in cui si è appena costruita un'abitazione monofamiliare (mappali 470, 472). Il diritto di edificabilità di tale area contigua era stato ottenuto nella Variante PRG 2002 , ma non compare ancora sul Data Base Provinciale di Fig. 1.

Fig.1 - ZONIZZAZIONE PRG FRASSINORO. Rif. Catasto: Foglio 24 mappali 474 - 476



Estratto da SISTEMONET, Mosaico P.R.G. comunali 2002 (scala di visualizzazione ridotta del 50%)



Cap. 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

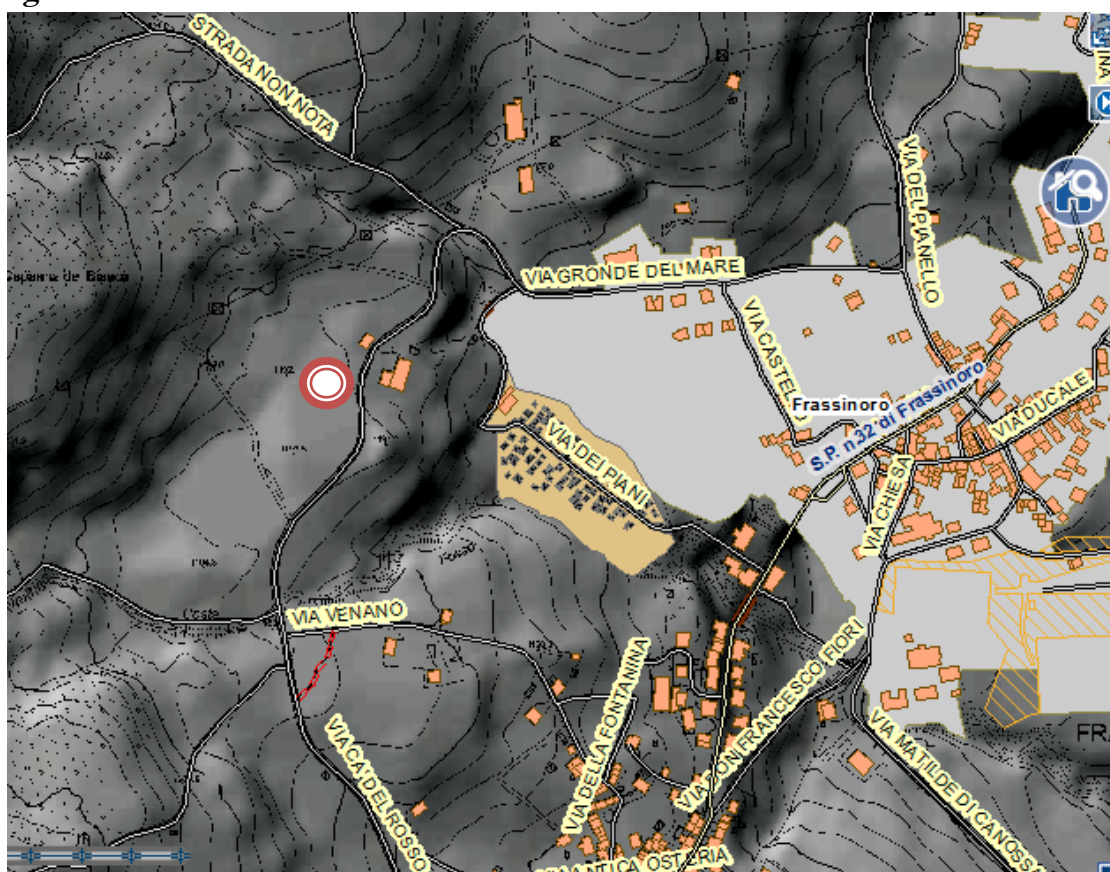
L'area studiata si trova immediatamente a monte dell'abitato di Frassinoro, in una località nota come "Lago Murato", al confine con una zona Turistico Ricettiva; essa è rintracciabile sui seguenti documenti topografici:

Cartografia C.T.R.: Foglio 1:25.000 235 SE Pievepelago; Sezione 1:10.000 - 235110 Frassinoro.

Cartografia I.G.M.: Foglio 1:100.000 n. 97 S. Marcello Pistoiese; Tavoleta 1:25.000 IV NO Frassinoro.

Cartografia CATASTALE: Foglio 24; Mappali 474 - 476.

Fig.2 – LOCALIZZAZIONE SITO



Estratto da GEOWIEWER, (scala 1: 5000)

Cap. 3 GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE

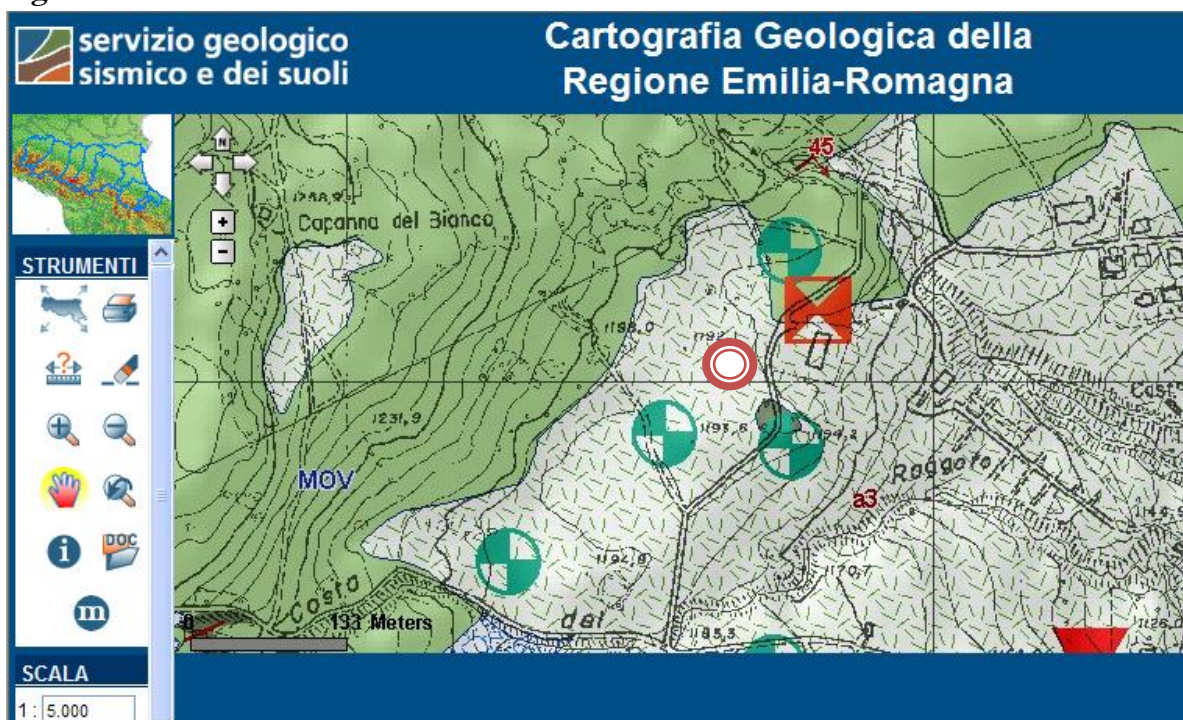
3.1- Carta geologica Regione Emilia Romagna

Dal punto di vista geologico, nella zona affiorano terreni appartenenti al **dominio Ligure**. Nello specifico dell'area di variante sono presenti **terreni quaternari detritici (a3)** derivati dal disfacimento della **Formazione di Monte Venere (MOV)**.

Questa è costituita da ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P > 1/3$.

Fig.3 – CARTOGRAFIA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5.000



LEGENDA

Prove lineari

- prova MASW

Prove puntuali

- carotaggio continuo
- ▼ misure di microtremore a stazione singola (HVSR)
- prova dinamica con penetrom. superpesante (DPSH)

Coperture quaternarie (10K)

- a3 - Deposito di versante s.l.

Unità geologiche (10K)

- MOV - Formazione di Monte Venere

3.2- Geologia rilevata

Il centro abitato di Frassinoro è posto alla quota di 1131 m e riposa sopra una serie di grandi ripiani, rappresentati da ammassi rocciosi raccordati tra loro; questi ultimi sono costituiti da un flysch calcareo (assimilabile al Flysch di M. Venere, MOV – creta sup.) che affiora con continuità dal fondovalle fino alla zona di crinale. Si tratta di torbiditi calcareo marnose di colore grigio (nocciola se alterate) cui seguono marne ed argille chiare nella porzione superiore degli strati. A luoghi si intercalano potenti pacchi costituiti da strati arenaceo – calcarei ed argille nerastre in strati da sottili a medi. Lo spessore degli strati litoidi varia dai 20 cm ai 2 metri; leggermente superiore è lo spessore delle porzioni marnose. Nelle vicinanze del sito tale unità si presenta in giacitura normale con inclinazione media di circa 40°.

Dal punto di vista morfologico l'intero versante appare caratterizzato da una struttura a Gradoni, dove i grandi ripiani rocciosi su cui è insediato l'abitato sono tra loro raccordati tramite versanti decisamente più acclivi.

3.3 - Dettaglio del Sito

L'area oggetto di studio si trova, in posizione pianeggiante in **condizioni di stabilità**. Dal punto di vista stratigrafico il substrato roccioso è ricoperto da una coltre di terreno detritico, costituito dal disfacimento naturale della formazione fliscioide e da depositi colluviali.

3.4 - Idrogeologia

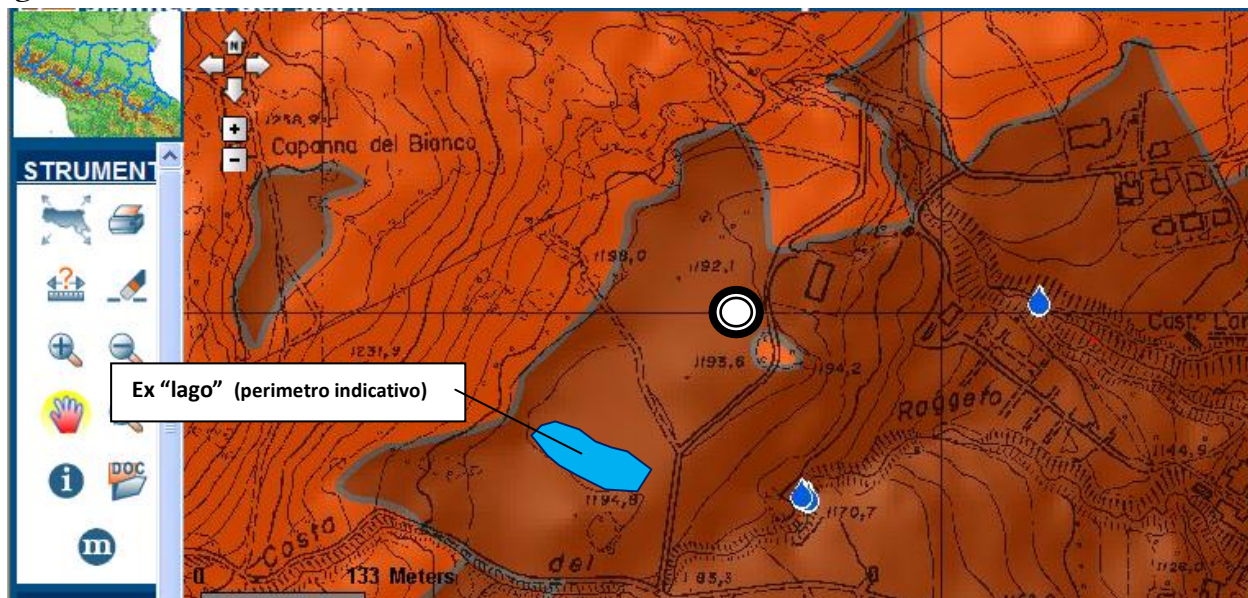
I terreni affioranti presso il sito sono definiti come *Coperture detritiche di versante, associate ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'*, ovvero un substrato in cui, pur non essendo presente una falda, possono esservi movimenti stagionali di acqua, in relazione alla piovosità.

Nei sondaggi svolti nei dintorni del sito riportati sulla cartografia geologica regionale (marzo 2008), si rileva la presenza di acqua a partire da 3,6 m, mentre in quelli eseguiti dallo scrivente in stagione estiva non è stata evidenziata presenza di falda.

Forse è interessante sapere che il toponimo "Lago Murato" deriva dalla presenza di un antico ristagno d'acqua (oggi drenato) che si collocava nella depressione posta a circa 300 m dal Sito. A memoria dello scrivente in tale area sono stati eseguiti in passato (anni '80) parecchi sondaggi con la speranza di individuare una falda da sfruttare, ma senza esito.

Fig.4 – CARTOGRAFIA SORGENTI E ACQUIFERI REGIONALE

Scala 1:5.000



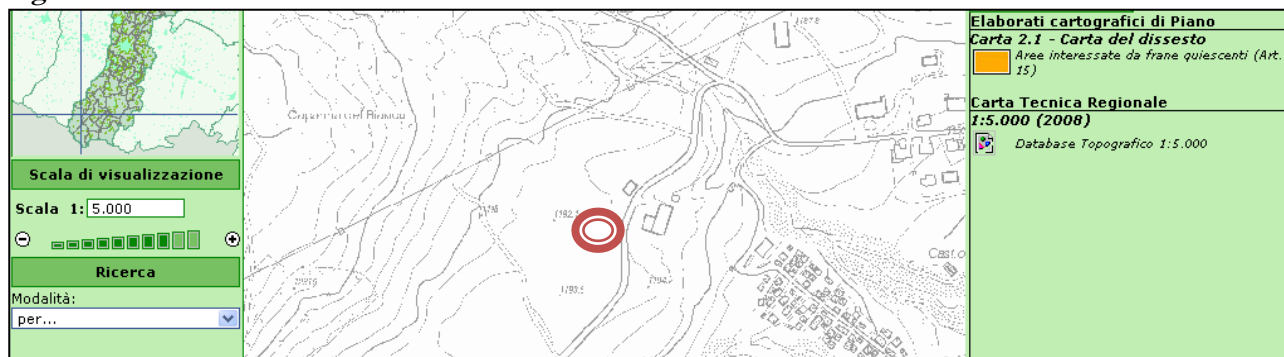
LEGENDA

	Sorgenti
Coperture di versante, su ammassi rocciosi	
	cop1a - Coperture detritiche di versante, associate ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'
Ammassi rocciosi	
	ar1 - Ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'

Cap. 4 CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE

4.1 – PTCP, Carta del Rischio da Frana

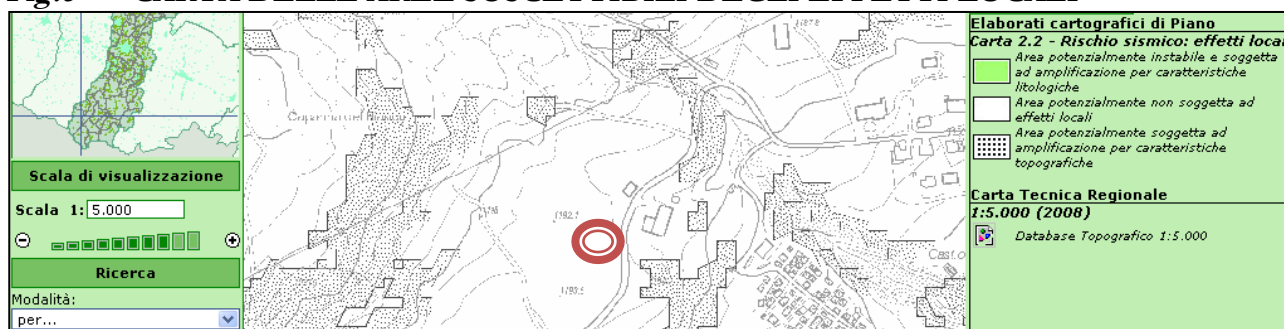
Fig.5 – CARTA DEL DISSESTO



L'area **non è interessata** da alcun tipo di dissesto e quindi non risulta soggetta alle limitazioni dell'art. 15.

4.2 – PTCP, Rischio Sismico

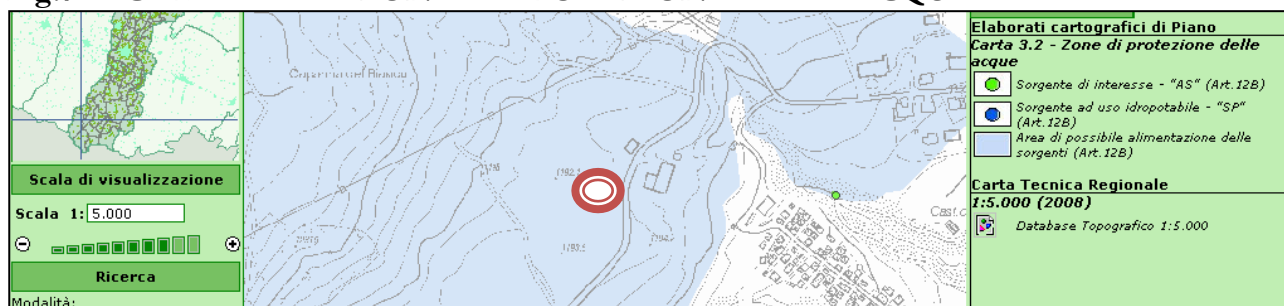
Fig.6 – CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DEGLI EFFETTI LOCALI



Il lotto esaminato ricade in una zona classificata come “**Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali**”, la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico viene descritta nel capitolo 6.

4.3 – PTCP, Protezione delle acque

Fig.7 – CARTA DELLE ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE



Il sito ricade in un'area di possibile alimentazione delle sorgenti ed è pertanto soggetta alle limitazioni dell'art. 12B, che non preclude la Variante al PRG richiesta.

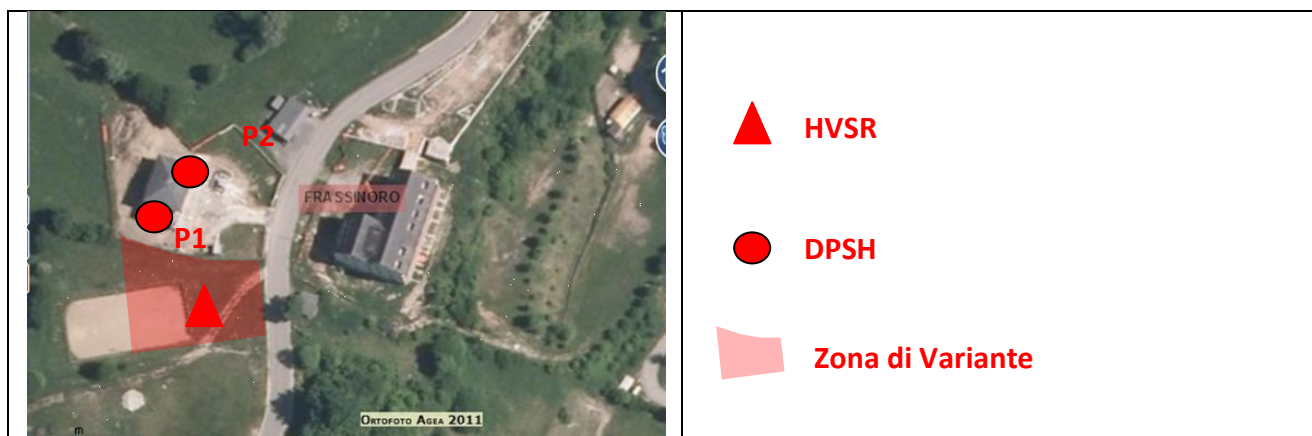
Cap. 5 - STRATIGRAFIA, PARAMETRI GEOTECNICI

La stratigrafia del sito è stata delineata facendo riferimento al 2 prove penetrometriche DPSH realizzate dallo scrivente sul lotto confinante, in cui è stata recentemente edificata un'abitazione monofamiliare (mappali 470, 472). In particolare si è considerata la prova più vicina, denominata P1, che presenta buona coerenza sia con una prospezione sismica HVSR eseguita sul sito in data 25/08/2012 sia con le prove DPSH indicate sulla carta geologica regionale nei dintorni del sito.

L'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche evidenzia la presenza di un primo strato detritico grossolano, costituito da inclusi litoidi eterometrici (anche "ciclopici" negli scavi del cantiere adiacente) inglobati in una matrice bruna di tipo coesivo, fino alla profondità di circa 5 m, oltre la quale il penetrometro è andato a rifiuto.

La prospezione sismica conferma la presenza di terreno alterato con buone caratteristiche meccaniche a partire da 1,5 m dal p.c. (orizzonte fliscioide alterato) seguito da strati "compatti" a partire da 9,5 m di profondità.

FIG. 8 UBICAZIONE SONDAGGI scala 1:2.000



Di seguito vengono mostrati i grafici delle prove DPSH, mentre le tabelle corrispondenti sono riportate in ALLEGATO:

GRAFICO PROVA P2

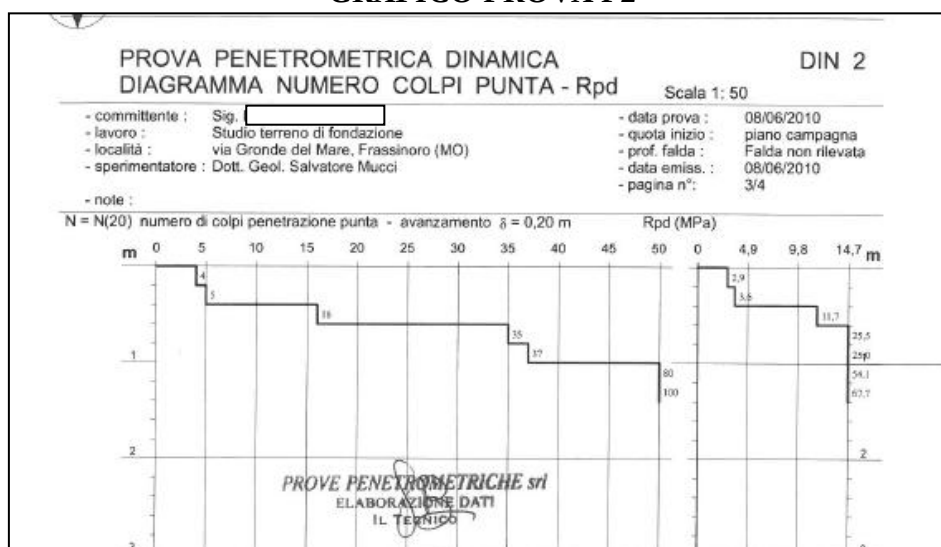
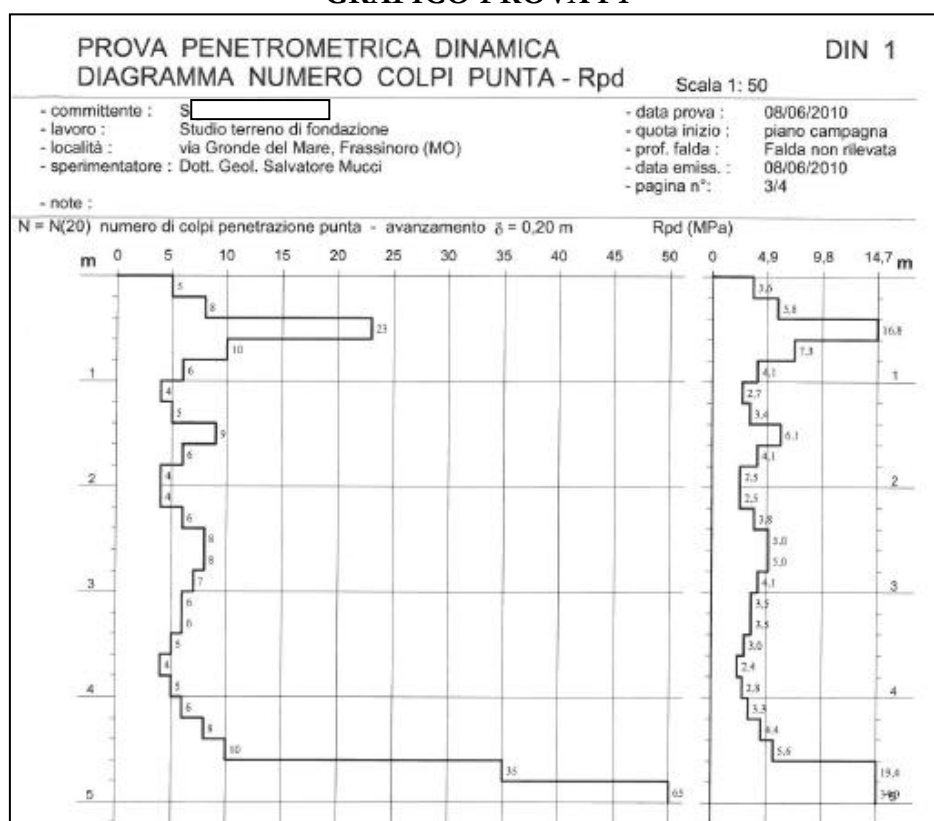


GRAFICO PROVA P1



PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO INVESTIGATO

L'elaborazione delle prove penetrometriche ha permesso la ricostruzione dei seguenti parametri geotecnici:

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

COMUNE: FRASSINORO						DATA: 08/06/2010					
NOME FILE FERRARI1						PENETROMETRO DPSH					
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]			ϕ [°]	Mo [kN/m²]	Qa1 [kN/m²]	Cu [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Qa2 [kN/m²]	σ_v' [kN/m²]	Rpd [kN/m²]	Qa3 [kN/m²]
0.6	12.0	26.4	33.3	18744	150	177	15840	306	7.6	8938	358
2.2	6.0	13.2	28.9	9372	188	88	7920	161	28.5	4164	167
3.6	6.6	14.5	29.7	10265	371	97	8674	185	57.0	4088	164
4.6	5.8	12.7	28.7	8982	459	85	7590	171	77.9	3292	132

H = Profondità del letto dello strato elementare

N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento

Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)

$\phi^0 = N_{spt} < 30 \quad (15 \cdot N_{spt})^5 + 15; N_{spt} > 30 \quad -0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26$. (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)

Mo = $710 \cdot N_{spt}$ [Modulo Confinato] [kN/m²] (Farrent)

Qa₁ = $(h \cdot \gamma' \cdot N_q) / 3$ [kN/m²] (Carico ammissibile - Terzaghi semplificata)

Ed = $600 \cdot N_{spt}$ [Modulo Edometrico] [kN/m²] (Stroud & Butler)

Cu = $6.7 \cdot N_{spt}$ [kN/m²] (Terzaghi)

Qa₂ = $(Cu \cdot N_c) / 3$ [kN/m²] (Carico ammissibile - Terzaghi semplificato)

Rdp = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$ [kN/m²] (Formula degli Olandesi)

Qa₃ = $Rdp / 15 + 30$; $Rdp / 20$ [kN/m²] (Carico ammissibile, Sanglerat)

PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO (fondaz. Superficiali)

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
0.6	12.0	26.4	3	33.3	6.7	31.7	26.3	177	142.1	139	99
2.2	6.0	13.2	8	28.9	2.6	27.0	22.2	88	34.3	64	46
3.6	6.6	14.5	7	29.7	1.3	28.7	23.6	97	16.7	84	60
4.6	5.8	12.7	4	28.7	2.0	27.5	22.6	85	25.2	69	49

LEGENDA

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato
 ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato
 ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)
 ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]
 C_{um} = Dato medio della coesione non drenata
 C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)
 C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

(continua PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO)

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	MO_m [kN/m ²]	dev stand	MO_k [kN/m ²]	MO_d [kN/m ²]	Ed_m [kN/m ²]	dev stand	Ed_k [kN/m ²]	Ed_d [kN/m ²]
0.6	12.0	26.4	3.0	18744	15063	14758	14758	15840	12730	12471	12471
2.2	6.0	13.2	8.0	9372	3639	6766	6766	7920	3076	5718	5718
3.6	6.6	14.5	7.0	10265	1771	8860	8860	8674	1497	7487	7487
4.6	5.8	12.7	4.0	8982	2668	7305	7305	7590	2254	6173	6173

LEGENDA

Num= Numero dei dati presi in considerazione per ogni strato
 MO_m = Media del Modulo Confinato
 MO_k = Valore Caratteristico del Modulo Confinato (5° percentile di distribuzione della media)
 MO_d = Valore di Progetto del Modulo Confinato
 Ed_m = Media del Modulo Edometrico
 Ed_k = Valore Caratteristico del Modulo Edometrico (5° percentile di distribuzione della media)
 Ed_d = Valore di Progetto del Modulo Edometrico

Cap. 6 - RELAZIONE SISMICA

In seguito alla classificazione sismica proposta dall'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ed al D. M. 14/01/2008 recante *norme tecniche per le costruzioni*, il **Comune di Frassinoro ricade in zona 2.**

Decreti fino al 1984	GdL 1988	Classificazione 2003
sismicità alta, S = 12	prima categoria	Zona 1
sismicità media, S = 9	seconda categoria	Zona 2
sismicità bassa, S = 6	terza categoria	Zona 3

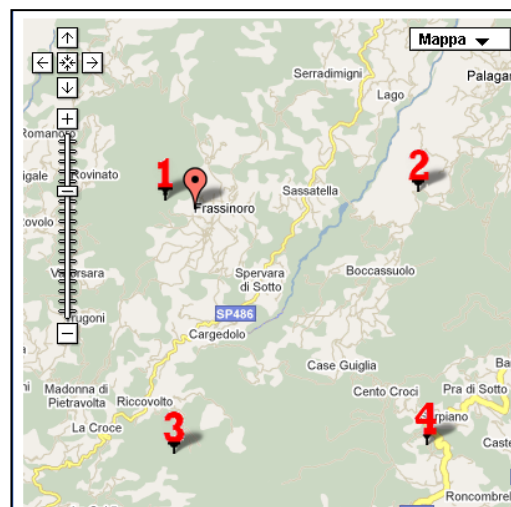
6.1 Pericolosità sismica di base del sito

coord. WGS84 latitudine: 44,297360 [°]
 longitudine: 10,565600 [°]

Secondo il D.M. 14/01/2008 il calcolo dell'azione sismica dipende innanzitutto dalla posizione geografica del sito. La normativa fornisce per **10751** punti del *reticolo di riferimento* **9** valori del periodo di ritorno TR (**30** anni, **50** anni, **72** anni, **101** anni, **140** anni, **201** anni, **475** anni, **975** anni, **2475** anni).

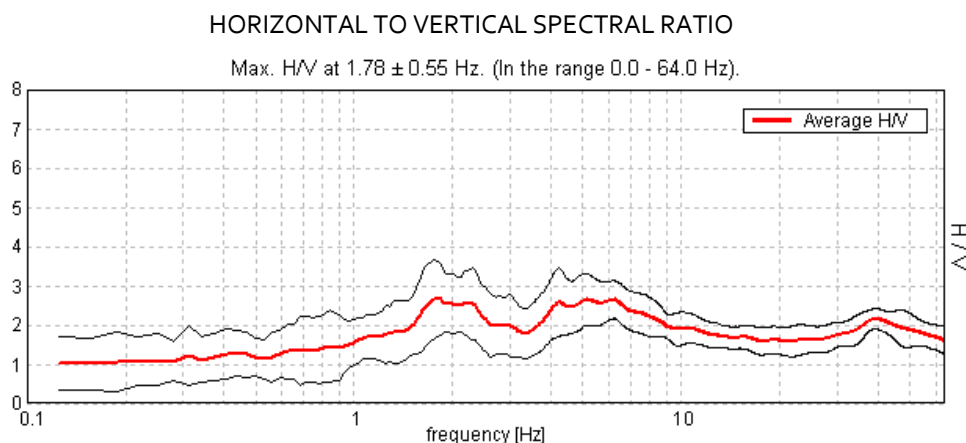
Introducendo le coordinate geografiche esatte dell'intervento si ottengono i parametri sismici di base dell'area (a_g , F_0 , T_c) e gli spettri di risposta elastici di base per i periodi TR di riferimento.

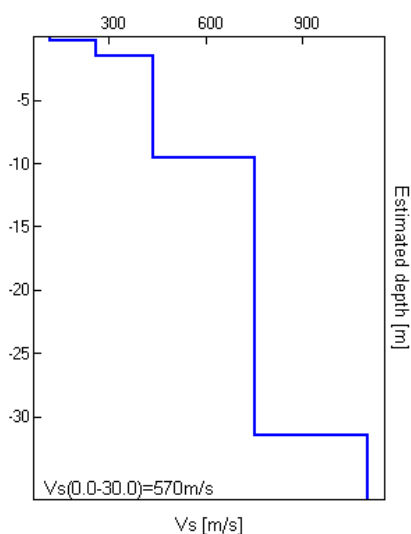
Questi ultimi non tengono conto degli effetti determinati dall'“*amplificazione sismica locale*” e dal tipo di “*prestazioni*” previste per l'edificio in progetto, che vengono pertanto dimensionati nei paragrafi successivi.



6.2 Amplificazione stratigrafica

Ai sensi della normativa vigente la classificazione del suolo avviene in base alla velocità delle onde S nel terreno, entro i primi 30 m di profondità dal p.c. Per determinare tale valore (denominato **Vs 30**), in data 24/08/2012, è stata eseguita, presso il sito, una prospezione sismica mediante sismografo a stazione singola della Micromed (tromino Engy). La misura si basa sulla registrazione dei microtremiti tramite i rapporti spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali e verticali del moto (Noghoishi e Igarashi 1970). La frequenza fondamentale di risonanza (F_r) dello strato relativa alle onde S è pari a: $F_r = V_s / (4 \cdot h)$. Dal grafico che segue si possono osservare dei picchi che corrispondono agli strati di terreno identificati (strato alterato, strato a media densità, e substrato compatto).





Dalla formula precedente, fissati i valori medi della V_s , si può calcolare approssimativamente lo spessore del primo strato costituito da roccia alterata (1.5 m)

Estendendo e raffinando il ragionamento a tutti gli altri strati ed eseguendo l'inversione della velocità con ricostruzione teorica del grafico delle frequenze attraverso opportuno software si ottiene la seguente interpretazione stratigrafica più dettagliata:

Si noti un primo netto cambio di velocità a circa -1,5 m dal p.c. corrispondente al passaggio *terreno superficiale* - *flysch alterato*, ed un secondo cambio a circa -10 m dal p.c. fra *flysch alterato* - *roccia fliscioide compatta* con $V_s = 750$

m/s.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]
0.30	0.30	120
1.50	1.20	260
9.50	8.00	440
31.50	22.00	750
inf.	inf.	1100

In conclusione, dall'analisi delle V_{s30} misurate con il sismografo, si ottiene un suolo con:

$$V_{s30} = 570 \text{ m/s.}$$

Determinata la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio (V_{s30}), ai sensi della normativa vigente si classifica il terreno di fondazione dell'intervento in progetto appartenente alla categoria b:

categoria "B" Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con $360 \text{ m/s} < V_{s30} < 800 \text{ m/s}$ (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ o coesione non drenata $c_u > 250 \text{ Kpa}$).

Dove il coefficiente di amplificazione stratigrafica vale:

$$S_s = 1.2$$

6.3 Amplificazione topografica

Dal punto di vista topografico il terreno rientra nella:

classe T1

T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

dove il coefficiente di amplificazione topografica vale: **$St = 1.0$**

6.4 Strategia di progettazione

La **vita nominale** di un'opera strutturale **VN** è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 **classi d'uso**, alle quali vengono associati i seguenti **coefficienti d'uso CU** :

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE CU	0.7	1.0	1.5	2.0

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un **periodo di riferimento VR** che si ricava, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:
VR = VN x CU

Ipotizzando la realizzazione di un nuovo manufatto ad uso abitazione civile, sono quindi attese le seguenti prestazioni:

vita nominale VN = 50 anni (opere ordinarie),
 classe d'uso = II , (normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente)
 coefficiente d'uso cu = 1,
vita di riferimento VR = VN x CU = 50 x 1 = 50 anni

6.5 Azione sismica di progetto

Combinando l'azione sismica di base (determinata dalla posizione geografica del sito) con gli effetti di amplificazione locale e le prestazioni attese dalla costruzione, si calcolano i parametri **a_g**, **F_o**, **T_c**, da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE** di **Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU** di **Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, come previsto dalla normativa vigente.

STATO LIMITE	Prob. Superamento (%)	T _R (anni)	A _g (g)	F _o (-)	T _c (s)
SLO operatività	81	30	0.060	2,472	0,249
SLD danno	63	50	0.076	2,450	0,260
SLV vita	10	475	0.176	2,492	0,291
SLC collasso	5	975	0.222	2,482	0,304

a_g è l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale. **F_o** è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2. **T_c** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

Nella sottostante tabella si riassumono i principali **Coefficienti sismici**:

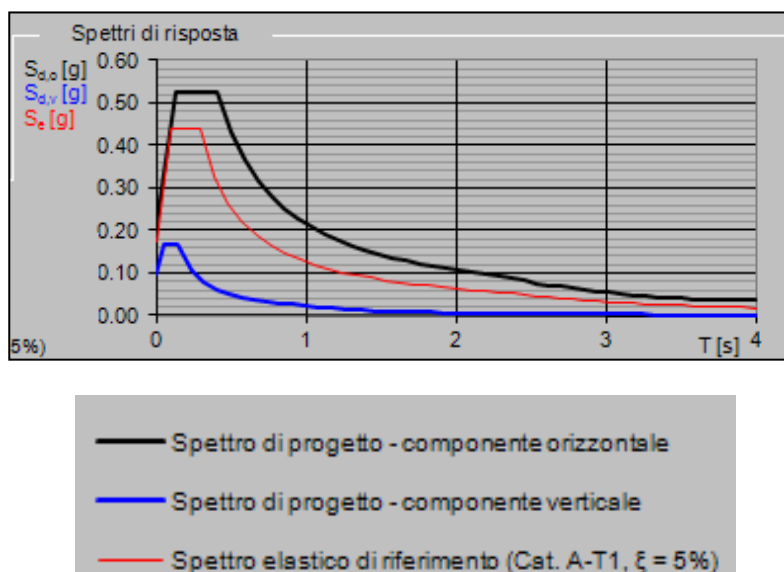
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,450	1,000	0,013	0,006	0,702	0,180
SLD	1,200	1,440	1,000	0,016	0,008	0,889	0,180
SLV	1,200	1,410	1,000	0,051	0,025	2,075	0,240
SLC	1,180	1,400	1,000	0,081	0,041	2,571	0,310

S_s = amplificazione stratigrafica, C_c = coefficiente che modifica il valore del periodo T_C , K_h = coefficiente simico orizzontale, K_v = coefficiente simico verticale, St = amplificazione topografica, A_{max} = accelerazione massima in superficie

Ne risultano i seguenti **spettri di progetto ed elastici** :

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.

Stato limite SLV



Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_t \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

6.6 Accelerazione massima in superficie

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s ed S_t sono rispettivamente i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica. In questo caso riferendoci allo stato limite SLV si ottiene:

$$a_{max} = 1.2 \times 1 \times 0.177 \times g = 2,075 \text{ m/s}^2$$

6.7 Verifica a liquefazione

Le indagini svolte hanno **escluso la presenza di orizzonti liquefacibili**.

6.8 calcolo dei Fattori di Amplificazione (F.A.) sismica al suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura si ottiene con la seguente formula:

$$V_{s_{MEDIA}} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}} = 335 \text{ m/s}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura
h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo
V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo

Tenendo conto delle prove penetrometriche e sismiche realizzate sul sito si determina lo spessore dello strato di copertura a 9.5 m.

Attraverso il dato ottenuto, con l'ausilio delle tabelle allegate alla deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna si determinano i fattori di amplificazione per le caratteristiche litologiche, che valgono:

F.A. P.G.A. (Picco Accelerazione Gravitazionale) = 1.8

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$ = 1.7

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$ = 1.4

Cap. 7 CONCLUSIONI

La presente relazione tratta dell'analisi di fattibilità di una variante del Piano Regolatore di Frassinoro (MO), per un lotto di terreno ubicato a monte del capoluogo in via Gronde del Mare.

I dati relativi ai caratteri geologici, geotecnici e sismici del sito sono stati confrontati con le prescrizioni contenute nelle leggi e negli strumenti di pianificazione vigenti.

Si è rilevato che il sito è ubicato al margine occidentale del capoluogo e si trova sopra un ripiano costituito da detrito di versante grossolano (a3) dotato di buone caratteristiche meccaniche, che ricopre i terreni della Formazione di Montevenere (MOV).

Il sito si trova in **condizioni di stabilità e non interferisce con acque di falda e/o superficiali**.

Dal confronto con il P.T.C.P. della Provincia di Modena si è riscontrato che la variante proposta **non interferisce** con le limitazioni d'uso del suolo previste dalle norme di Piano (si veda cap. 4).

La stratigrafia è stata ricostruita con l'ausilio di 2 prova penetrometriche DPSH realizzate dallo scrivente a pochi metri di distanza dal lotto in esame, che sono coerenti con una prospezione sismica HVSR eseguita sul sito e con le prove penetrometriche DPSH riportate sulla carta geologica regionale nei dintorni dell'area studiata in identico contesto geologico (si veda Cap. 5).

I dati ottenuti evidenziano la presenza di un primo strato, profondo fino a circa 10 m, costituito da materiale alterato costituito prevalentemente da trovanti litoidi eterometrici inglobati da una matrice bruna coesiva, che mostra discrete caratteristiche meccaniche, Tale orizzonte è seguito da terreno roccioso in posto.

Dal punto di vista sismico ne sono emersi i seguenti parametri (si veda cap. 6):

D. M. 14/01/2008

- | | |
|--|------------------------------------|
| - cat. terreno di fondazione: | Cat. "B" ($V_{s30}=570$ m/s) |
| - coefficiente di amplificazione stratigrafica per SLV | $S_s = 1,2$ |
| - classe topografica T1, coefficiente di amplificazione topografica, | $S_t = 1,0$ |
| - accelerazione max in superficie per SLV | $a_{max} = 2,075$ m/s ² |

Deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna

- velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura: V_s media = 335 m/s
- fattori di amplificazione:
 - F.A. P.G.A. = 2,3
 - F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$ = 2,2
 - F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$ = 1,6

i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima), F_o (fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima), T_c (periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro) e gli **spettri elastici di progetto**, da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE di Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU di Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, sono stati dimensionati ipotizzando la realizzazione di un manufatto con CU (classe d'uso) = II e VN (Vita Nominale) = 50 anni. La loro quantificazione dovrà ovviamente essere rivista in fase esecutiva in rapporto alle effettive prestazioni del manufatto.

In conclusione, l'area osservata si trova in condizione di **stabilità** e la realizzazione di eventuali interventi edilizi non produrrà variazioni degli equilibri esistenti.

Per la definizione del tipo di fondazioni da adottare e relativi carichi applicati, si attende un progetto esecutivo che **andrà corredato da specifica campagna geognostica**.

Considerata la non interferenza con acque superficiali e con altre limitazioni di carattere legislativo, **si ritiene verificata la fattibilità geologica, geotecnica e sismica della richiesta variante al Piano Regolatore di Frassinoro (MO)**, relativamente al lotto esaminato.

DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI
ISCRITTO ALL'ORDINE REGIONALE DEI
GEOLOGI CON IL NUMERO 558

Si rilascia l'assenso per l'uso di tale relazione da parte del Comune per scopi di tipo pianificatorio.

ALLEGATI

• Prove penetrometriche DPM

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

PAGANI TG 63-100

M	63.5	Kg	Peso massa battente
H	75	cm	Altezza di caduta
A	50.5	cmq	Diametro della punta conica
α	90	°	Angolo apertura Punta
La	100	cm	Lunghezza asta
Ma	30	Kg	Massa sistema di battuta
d	20	cm	Passo di avanzamento

TABELLA PROVA PENETROMETRICA DPSH P1

COMMITTENTE: FERRARI D.						LOCALITA': FRASSINORO						
COMUNE: FRASSINORO						DATA: 08/06/2010						
NOME FILE FERRARI1						PENETROMETRO DPSH				FALDA NO		
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			σ_v' [kN/m ²]	Asta	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]				
0.20	5	11.0	27.8	7810	53	74	6600	128	3.8	1	3724	149
0.40	8	17.6	31.2	12496	88	118	10560	205	7.6	1	5959	238
0.60	23	50.6	40.8	35926	307	339	30360	585	11.4	1	17132	685
0.80	10	22.0	33.2	15620	169	147	13200	258	15.2	1	7449	298
1.00	6	13.2	29.1	9372	139	88	7920	158	19.0	2	4143	166
1.20	4	8.8	26.5	6248	129	59	5280	109	22.8	2	2762	110
1.40	5	11.0	27.8	7810	163	74	6600	135	26.6	2	3452	138
1.60	9	19.8	32.2	14058	276	133	11880	237	30.4	2	6214	249
1.80	6	13.2	29.1	9372	223	88	7920	163	34.2	2	4143	166
2.00	4	8.8	26.5	6248	193	59	5280	114	38.0	3	2574	103
2.20	4	8.8	26.5	6248	209	59	5280	115	41.8	3	2574	103
2.40	6	13.2	29.1	9372	286	88	7920	167	45.6	3	3861	154
2.60	8	17.6	31.2	12496	384	118	10560	219	49.4	3	5148	206
2.80	8	17.6	31.2	12496	411	118	10560	220	53.2	3	5148	206
3.00	7	15.4	30.2	10934	392	103	9240	196	57.0	4	4217	169
3.20	6	13.2	29.1	9372	370	88	7920	172	60.8	4	3615	145
3.40	6	13.2	29.1	9372	391	88	7920	173	64.6	4	3615	145
3.60	5	11.0	27.8	7810	364	74	6600	149	68.4	4	3012	120
3.80	4	8.8	26.5	6248	335	59	5280	125	72.2	4	2410	96
4.00	5	11.0	27.8	7810	401	74	6600	152	76.0	5	2832	113
4.20	6	13.2	29.1	9372	475	88	7920	178	79.8	5	3398	136
4.40	8	17.6	31.2	12496	626	118	10560	230	83.6	5	4531	181
4.60	10	22.0	33.2	15620	810	147	13200	282	87.4	5	5663	227
4.80	35	77.0	45.0	54670	4133	516	46200	914	91.2	5	19821	793
5.00	65	99.0	45.0	70290	4304	663	59400	1168	95.0	6	34730	1389

• Prospezione sismica HVSr

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

MICROMED TROMINO ENG

FRASSINORO, LAGO MURATO

Strumento: TEP-0149/01-11

Inizio registrazione: 24/08/12 17:00:24 Fine registrazione: 24/08/12 17:20:25

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-;
TRG + TRG -

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 68% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

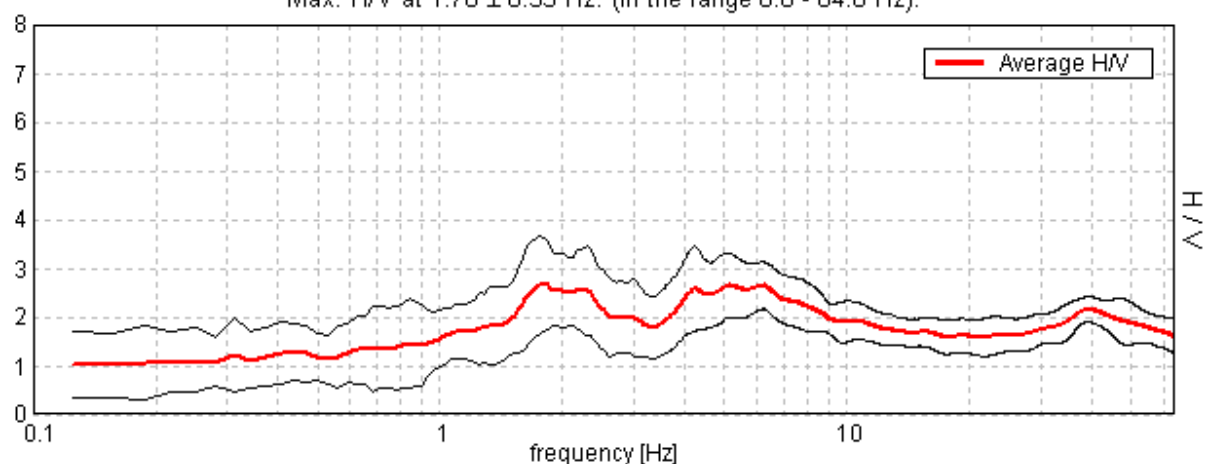
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

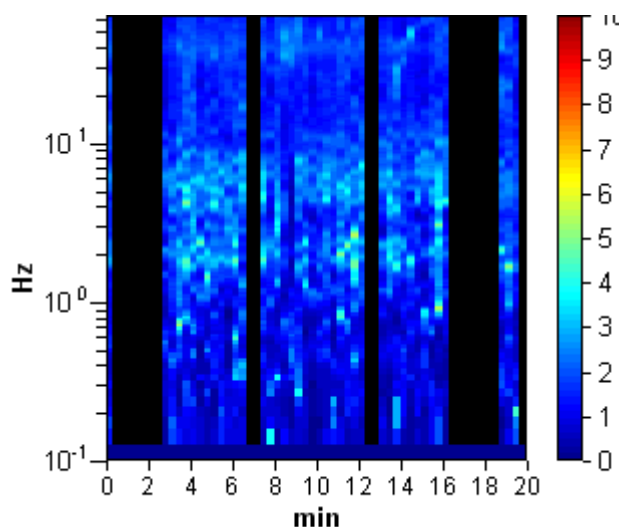
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

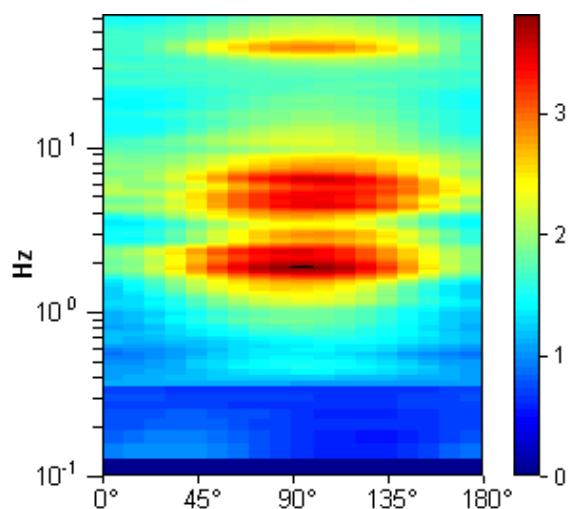
Max. H/V at 1.78 ± 0.55 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



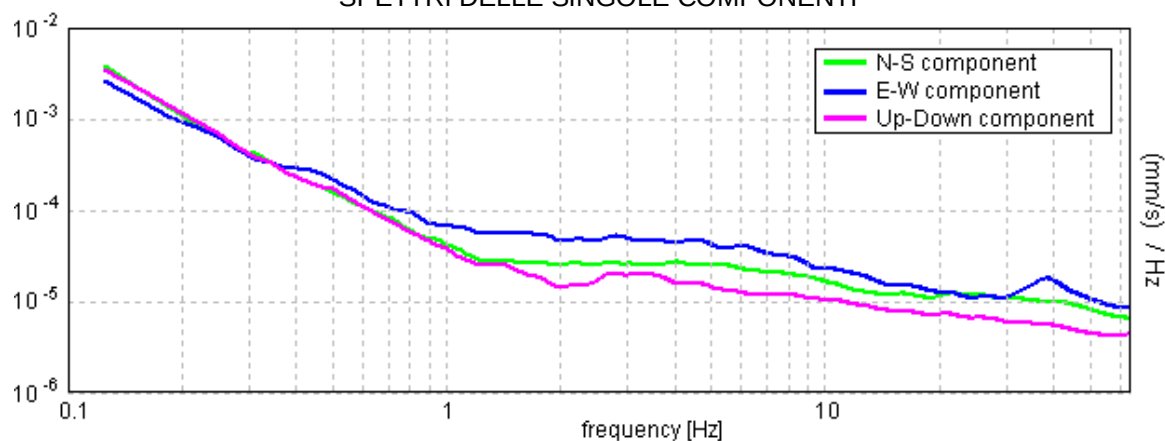
SERIE TEMPORALE H/V



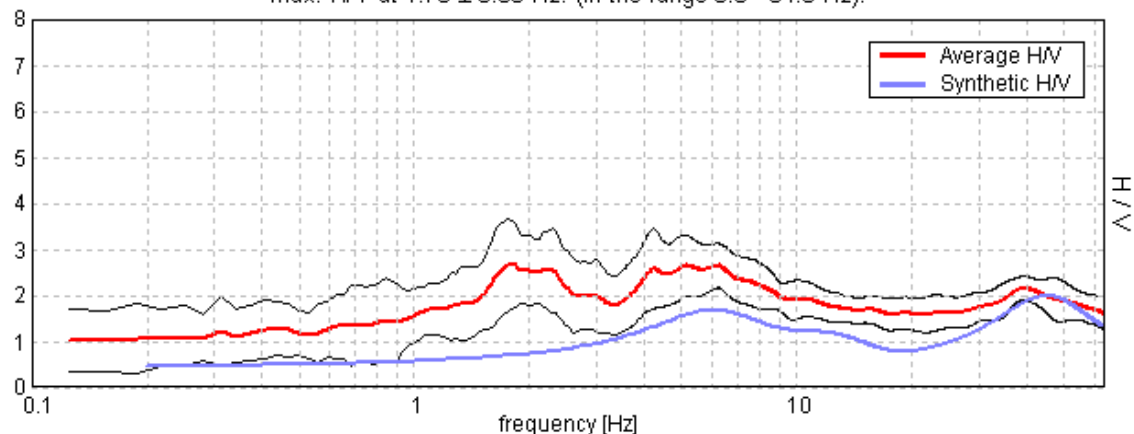
DIREZIONALITA' H/V



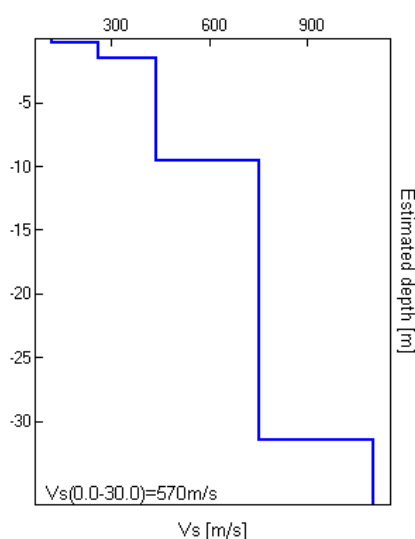
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO
Max. H/V at 1.78 ± 0.55 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.30	0.30	120	0.35
1.50	1.20	260	0.35
9.50	8.00	440	0.35
31.50	22.00	750	0.35
inf.	inf.	1100	0.35



$V_s(0.0-30.0)=570\text{m/s}$

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di [Grilla](#) prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 1.78 ± 0.55 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.78 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1460.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 86	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.656 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			
$A_0 > 2$	$2.66 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04132 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.16954 < 0.17813$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4722 < 1.78$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

<i>Domanda</i>	n. 029
<i>Richiedente</i>	Stefani Flavio e Marcello
<i>Foglio</i>	54
<i>Mappali</i>	157
<i>Tavola PRG</i>	5.8

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

STUDIO EDIFICABILITA' AREA SITA NEL COMUNE DI FRASSINORO(MO) IN LOCALITA' PERDELLE DI FONTANALUCCIA FOGLIO 54 MAPPALI 155 e 157



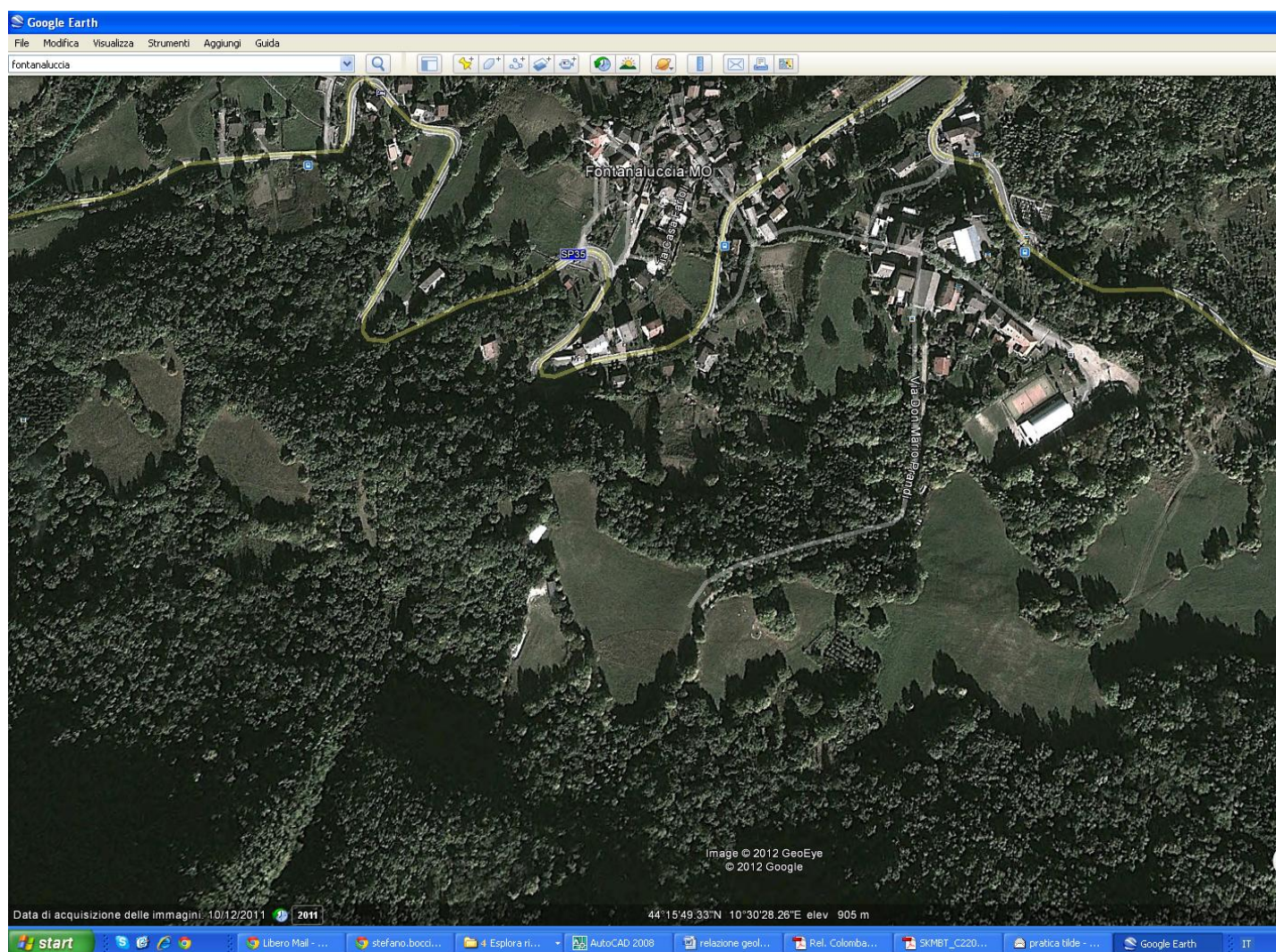
Dott. Geol. Armando Conti



Dott. Ing. Stefano Bocci

La presente riporta lo studio geologico, geotecnico e sismico atte alla valutazione di edificabilità di area collinare sita nel comune di Frassinoro in località Predelle di Fontanaluccia.

Catastalmente è ubicata nel Comune di Frassinoro foglio 54 mappali 155 e 157





INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

L'area di studio è posta sui primi rilievi che dominano la sponda destra del torrente Dolo, costituente il bacino idrografico principale

I terreni sottoposti ad indagine si sviluppano in una fascia altimetrica compresa tra le quote 865 – 910 m s.l.m.,

Le cartografie indagate sono di seguito evidenziate:

- Carta del Dissesto della Provincia di Modena contenuta nel P.T.C.P, Scala 1:10.000;
- Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo scala 1:10.000;

- Carta Geologica 1:100.000 della Provincia di Modena e zone limitrofe,
- Carta Geologica d'Italia Scala 1:50.000;
- Carta del Vincolo Geologico digitale del Comune di Frassinoro;
- Carta Geologica della Regione Emilia Romagna, Scala 1:10.000 - Progetto CARG ;.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

QUADRO STRUTTURALE GENERALE

L'Appennino settentrionale risulta prodotto dalla sovrapposizione tettonica di due grandi insiemi, diversi per litologia, struttura ed origine paleogeografia:

- L'Insieme Esterno è costituito essenzialmente da uno zoccolo continentale, appartenente alla Placca Apula (Adriatico – Padana Auct.), su cui poggiano, anche se scollate e deformate, le successioni mesozoico - terziarie che ne rappresentano l'originale copertura sedimentaria.

- L'Insieme Interno consta di una serie di unità tettoniche che, per la presenza di ofioliti (rocce ignee basiche di origine oceanica) si sono invece originate in un oceano, estendendosi eventualmente anche sulla parte più assottigliata dei margini continentali adiacenti. Queste unità hanno comunque abbandonato il loro substrato originario, che è scomparso in subduzione, per sovrascorrere da est verso ovest (vergenza appenninica) sull'Insieme Esterno, costituendo quindi una coltre alloctona.

L'Insieme interno, che interessa l'Appennino emiliano in generale e modenese in particolare, appartiene al dominio Tosco-Umbro. La dinamica compressiva, che ha portato alla formazione della catena appenninica, è responsabile della struttura embriciata che la connota, del forte accorciamento e impilamento delle unità tettoniche, nonché dei forti stress tettonici e delle intense e profonde deformazioni che caratterizzano le rocce costituenti la struttura a falde dei rilievi dell'appennino Emiliano-Umbro-Toscano.

STRATIGRAFIA DEI DEPOSITI QUATERNARI

Sulla base dei sopralluoghi e della cartografia tematica di riferimento (Tav. n. 3 - 4), i depositi quaternari caratterizzanti la zona di interesse sono classificabili come coperture di origine continentale, legate a dinamiche di versante, prodotte da fenomeni di genesi ed evoluzione gravitativa, eluvio-colluviale ed alluvionale.

Questi depositi che assumono giacitura caotica, tendono a essere più spessi e potenti nelle depressioni, ai piedi dei versanti e a ridursi lungo i fianchi dei rilievi e nei settori più ripidi, favorendo gli affioramenti del substrato.

IDROGEOLOGIA E IDROGRAFIA

L'assetto idrogeologico del versante in esame come nell'intero Appennino risulta strettamente connesso alle litologie presenti ed ai mutui rapporti stratigrafici e si presenta quanto mai variabile da luogo a luogo, in relazione alle complicazioni geologiche e strutturali delle formazioni precedentemente descritte.

Relativamente alle litologie rilevate, è possibile individuare le seguenti corrispondenze Formazioni Geologiche/Formazioni Idrogeologiche:

Le coperture detritiche sciolte e coesive superficiali e gli accumuli di frana costituiscono formazioni idrogeologiche semipermeabili caratterizzate da permeabilità primaria da medio-bassa a scarsa, per porosità e in superficie per fessurazione.

La permeabilità del Complesso è invece generalmente da media e bassa per porosità a tratti più elevata per fratturazione.

Da quanto esposto, si evince come il grado di permeabilità sia disomogeneo e discontinuo anche all'interno della medesima Formazioni Geologiche/Formazioni Idrogeologiche, ma che prevalendo litotipi argillosi e argillitici, non si determinano generalmente condizioni favorevoli all'instaurarsi di una rete di deflusso idrico sotterraneo propriamente detta.

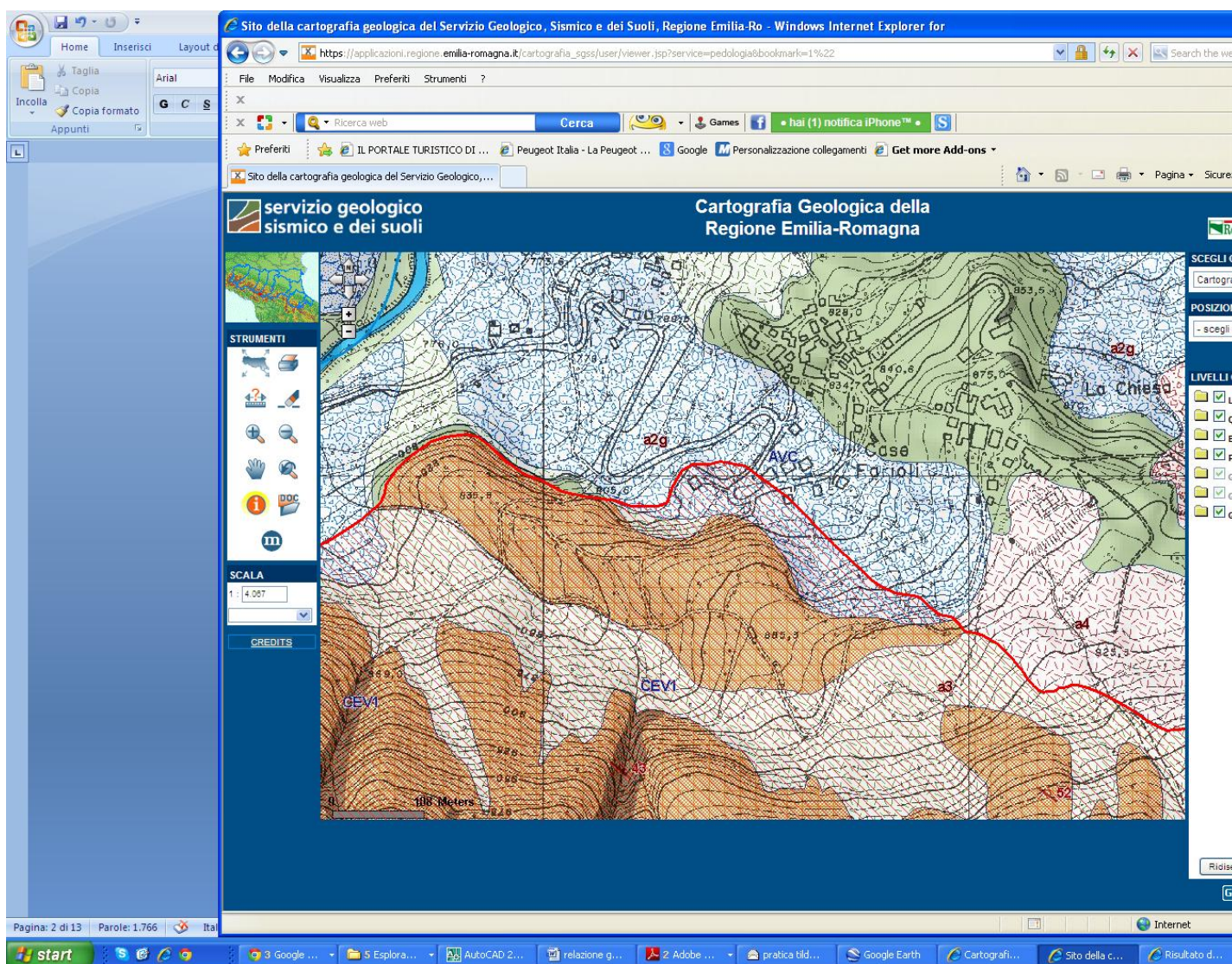
Pur tuttavia, la presenza di zone a permeabilità relativa localmente più elevata, in relazione alle maggiori percentuali di inclusi lapidei nella coltre detritica superficiale, può determinare localmente condizioni di circolazione idrica sotterranea e superficiale, a carattere stagionale, discontinuo, soggetta a sensibili oscillazioni stagionali in fase con il quantitativo idrico derivante dall'infiltrazione efficace delle acque meteoriche.

In relazione alla natura strutturalmente complessa degli ammassi costituenti il substrato lapideo ed al loro grado di fratturazione e/o fessurazione, si possono instaurare anche condizioni di circolazione idrica più profonda, alimentate per filtrazione da monte.

SITUAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DI DETTAGLIO

Trattasi di zona geologica stabile i cui suoli appartenete dominio Tosco-Umbro , inclusi nella successione Carvarola-depositi torbiditici di Avanfossa, litofacies arenaceo pelitica. Più precisamente unità geologica è quella delle Arenarie di Monte Carvarola-membro del torrente Dardagna.

Trattasi di ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei di arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti, ecc e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici, con livelli lapidei prevalenti $L/P > 3$.



Sito della cartografia geologica d...

https://applicazioni.regio...

File Modifica Visualizza Preferiti S...

Ricerca web

Preferiti IL PORTALE TUR...

Sito della cartografia geologica del Servizi...

**servizio geologico
sismico e dei suoli**

STRUMENTI

SCALA
1 : 4.067

CREDITS

about:blank

RISULTATO INTERROGAZIONE

Comune di FRASSINORO (MO), sezione CTR: 235110

Unità geologiche (10K)

[CEV1 - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Dardagna](#)

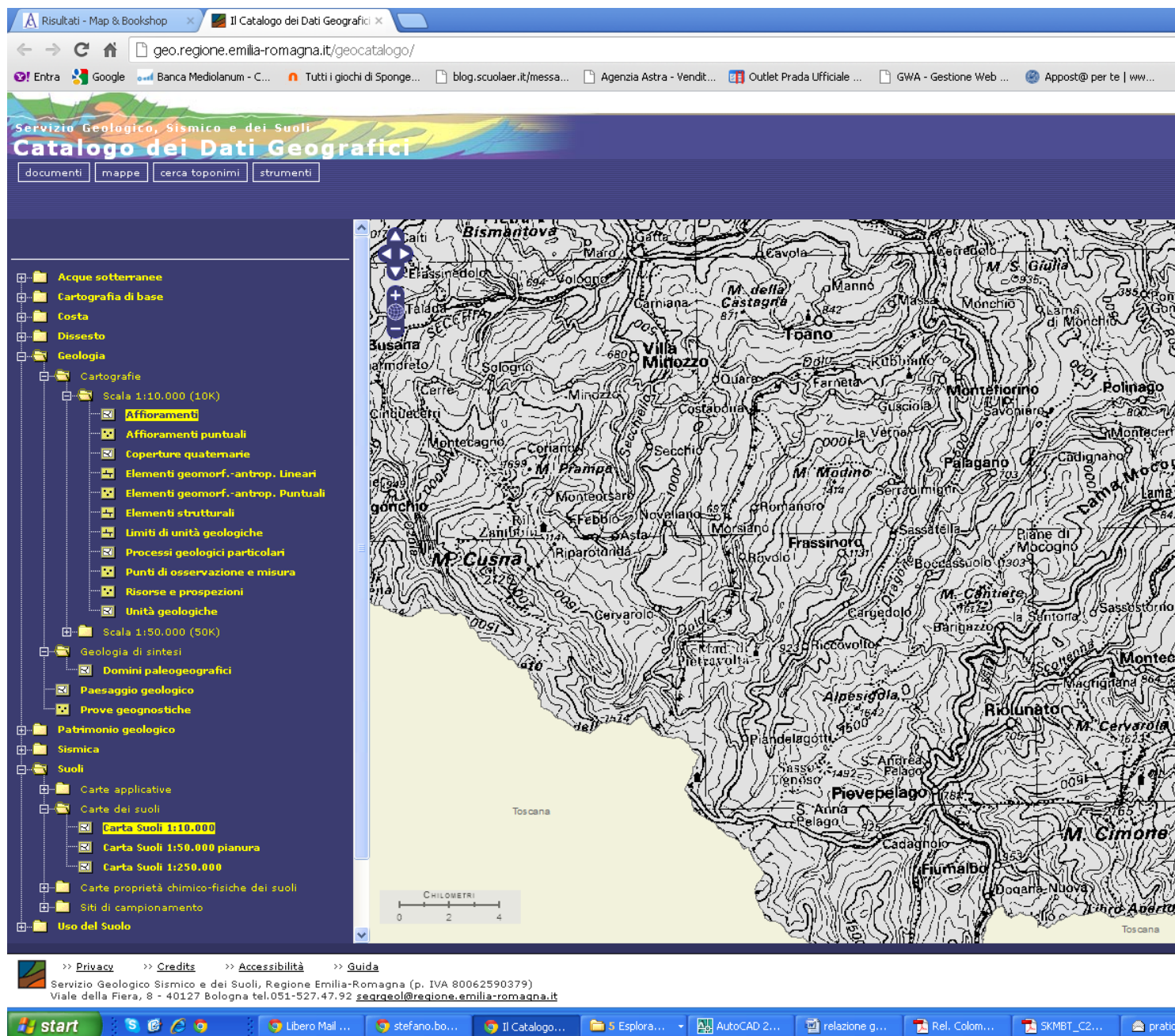
sigla	CEV1
etÀ inf.	
etÀ sup.	
nome	Arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Dardagna
legenda	CEV1 - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Dardagna
dominio	Dominio Tosco-Umbro
gruppo	G04 - Successione Cervarola - Depositi torbiditici di Avanfossa
sigla	BI - Rocce costituite da alternanze con livelli lapidei prevalenti
litotecnica	Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con livelli lapidei prevalenti: rapporto L/P > 3.

Chiudi

Internet 100%

start

3 Google ... 5 Esplora... AutoCAD 2... relazione g... 2 Adobe ... pratica bild...



Complessivamente possiamo dire che il detrito al di sotto del terreno vegetale e dei materiali di copertura presenti si presenta costituito da un deposito coesivo e pseudocoerente costituito da una matrice argillosa e argilloso – limosa prevalente e uno scheletro costituito da pezzame lapideo eterometrico (dai ciottoli ai blocchi). Gli elementi lapidei sono generalmente brecciati e spigolosi, squadrati e molto alterati con patine di ossidazione e alterazione. Il materiale si presenta compatto, scarsamente permeabile e

caratterizzato da umidità da discreta a significativa, anche in considerazione della capacità di ritenzione idrica della componente argillosa prevalente.

Al di sotto del deposito si trova un livello a comportamento coesivo e pseudocoerente, compatto, duro da consistente a molto consistente e ben consolidato con abbondante frazione lapidea con elementi anche di grosse dimensioni.

Il passaggio con l'unità superiore appare sfumato e graduale senza una netta superficie di contatto, interpretabile come porzione alterata del substrato o più plausibilmente come livello costituito da lembi del substrato originario scorsi solidalmente verso valle che seppur scompaginati e dissestati hanno mantenuto generalmente la stratificazione.

VERIFICA DELLA POSSIBILITA' DELL'OCCORRENZA DI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

I depositi e i terreni presenti hanno caratteristiche granulometriche e tessiturali tali da poter essere ritenuti non liquefacibili (assenza di significativi livelli sabbiosi), inoltre la presunta posizione della falda è ben al di sotto degli strati di terreno interessati dall'intervento di edificazione, per cui il rischio di liquefazione è molto ridotto o assente.

STRUTTURE ATTIVE IN EMILIA ROMAGNA E SISMICITA'

La convergenza tra le Placche Europea ed Africana e associata, nell'Appennino Settentrionale, ad un *pattern* deformativo e ad un'attività sismica complessa. Il settore tirrenico della catena è infatti, interessato da un prevalente campo deformativo estensionale, mentre nel settore adriatico della medesima, prevale una compressione attiva.

In quest'ultimo settore, in cui è inclusa l'Emilia Romagna, l'attività tettonica è da ricondursi alla presenza di strutture compressive, quali sovrascorrimenti (thrusts) e piegamenti. Nello specifico risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno origine agli archi Piacenza – Parma, Reggio Emilia e Ferrara. A tali strutture, in particolare alla Dorsale Ferrarese, possono essere associate le fagliezioni superficiali osservabili in alcune aree della Pianura Padana, nelle Province di Reggio Emilia e Modena.

Lungo il margine è attivo il Thrust pede – appenninico tra Bologna e Parma, mentre blind thrusts attivi caratterizzano il settore a sud – est di Bologna.

L'esame della cartografia cartografica consente di riscontrare come le strutture attive nell'ambito del territorio regionale possano essere raggruppate in tre distinti settori:

- allineamento abbastanza continuo in corrispondenza del crinale appenninico, all'incirca coincidente con il fronte di accavallamento delle Unità Tettoniche Cervarola e Falterona sulle Liguridi, in Emilia; e sulla Marnoso – Arenacea in Romagna.
- Allineamento coincidente con gran parte del margine appenninico – padano, a sua volta suddivisibile da NW verso SE, in tre ulteriori settori:
 - settore ad ovest della Val Taro;
 - settore compreso tra le Valli del Taro e dell'Idice (ad est di Bologna);
 - settore ad est della valle dell'Idice, corrispondente con il margine romagnolo.
- Allineamento coincidente con l'alto delle Pieghe Ferraresi e delle Pieghe Emiliane.

La regione Emilia Romagna è interessata da una sismicità media in rapporto alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5.5. e 6.0 della scala Richter ed intensità del IX – X grado della scala MCS.

I terremoti più intensi ($M > 5.5$) si sono verificati nel settore sud – orientale, in particolare nell'Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente, ma generalmente di minore energia ($M < 5.5$), sono il margine appenninico padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della Dorsale Ferrarese e il crinale appenninico. Quest'ultimo risente di due importanti zone sismogenetiche della Toscana: il Mugello e la Garfagnana.

La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri mediamente ad una profondità inferiore a 15 Km, è molto diffusa in catena e più localizzata in pianura, specie nella Dorsale Ferrarese.

I meccanismi focali calcolati risultano compressivi e trascorrenti, indicando direzioni di compressione sia NE – SW che NW – SE; i meccanismi focali distensivi sono nettamente secondari. Ne consegue che la cinematica delle principali strutture attive superficiali è di tipo transpressivo.

La sismicità crostale, con ipocentri compresi tra 15 e 35 Km, ha una distribuzione simile a quella più superficiale, ma è caratterizzata da una minore densità.

I meccanismi focali sono compressivi e trascorrenti, con direzione di compressione sia NW – SE che NE – SW; i meccanismi focali distensivi sono rari e ben localizzati. La sismicità più profonda, essenzialmente a bassa magnitudo, con ipocentri da 35 ad oltre 50

Km di profondità, interessa quasi esclusivamente il settore di catena, il margine appenninico – padano e, solo raramente, la pianura.

Ne risulta un modello geodinamico attivo in cui le strutture superficiali della copertura, quelle crostali e quelle del mantello, sebbene tra loro distinte, sono tutte coerenti ed inquadrabili in un sistema transpressivo, che rispetto alle zone esterne dell'avampaese padano, relativamente stabili, assume il significato di un sistema inferiore all'interno di un sistema di trascorrenza destra.

Dall'esame delle registrazioni dei terremoti, riportati nella specifica letteratura divulgativa (catalogo ENEL - PFG, bollettino sismico mensile dell'Istituto Nazionale di Geofisica e rapporti sull'attività sismica dell'Istituto di Geofisica e Geodetica dell'Università di Genova), si evince che la sismicità si concentra, in particolar modo, in corrispondenza del margine morfologico dell'Appennino e lungo i lineamenti ad esso trasversali. Nel complesso il territorio provinciale può essere ritenuto potenzialmente pericoloso, anche se la pianura presenta una sismicità molto bassa. Nell'ambito territoriale della pianura modenese gli epicentri dei terremoti sono concentrati lungo i piani di rottura del substrato terziario in corrispondenza dei fasci di accavallamento P.T.F. ed E.T.F. precedentemente menzionati. La classificazione sismica del territorio nazionale, attribuisce il Comune di Frassinoro alla Zona 2 .

STABILITA' E CONCLUSIONI

Come già esposto precedentemente la litologia del suolo nell'area oggetto di intervento , composta da una coltre superficiale incoerente al di sotto della quale sono presenti depositi da pseudo coerenti mediamente consistenti a compatti e duri, e la buona stabilità dell'intorno assicurano all'area stabilità per interventi di urbanizzazione e edificazione. Nell'area non sono presenti faglie superficiali, sono assenti discontinuità o cavità tali da indurre un pericolo sismico aggiuntivo. Non sono inoltre prevedibili fenomeni di amplificazione locale dell'accelerazione sismica dovuti all'assetto topografico o a effetti di bordo (orli di terrazzo, ecc.)

In conclusione, possiamo dire che dagli studi eseguiti non emergono particolari controindicazioni di carattere geomorfologico alla realizzazione degli interventi di

edificazione e che, in considerazione delle condizioni geomorfologiche e planoaltimetriche dell'area, il rischio geologico derivante dall'intervento e da ritenersi trascurabile.

La litologia del suolo nell'area oggetto di intervento assicura stabilità per interventi di urbanizzazione e edificazione.



Dott. Geol. Armando Conti



Dott. Ing. Stefano Bocci

Dott. Geol. Armando Conti

Via P. Togliatti, n° 18 43044 Collecchio (PR)

Tel. 0521802195 - 0521882610 E-mail: arconti@alice.it

Dott. Ing. Stefano Bocci

Via Sofia, n° 7 43100 Parma

Tel. 0521485106 E-mail: stefanobocci.pr@libero.it

<i>Domanda</i>	n. 036
<i>Richiedente</i>	Pieracci Andrea e altri
<i>Foglio</i>	33
<i>Mappali</i>	422
<i>Tavola PRG</i>	5.6

STUDIO GEOLOGICO PETRA

di Dott. Geol. Andrea Zanotti
 Piazza Matteotti, 37 - 41121 Modena - tel./fax +3959220030 - studiopetra@libero.it
 Codice fiscale ZNTNDR64E03I462U - Partita I.V.A. 02012030363

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO E RELAZIONE SISMICA

VARIANTE AL PIANO REGOLATORE DEL COMUNE DI
 FRASSINORO (MO): LOTTIZZAZIONE PRIVATA "PIERACCI
 ANDREA", VIA ALPINA.

REGIONE
 EMILIA – ROMAGNA



RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 11/03/1988, lettere A, B, H;
- Circolare LLPP 24/10/88 n. 30483;
- R.D. n. 3267/1923 e n. 1126/1926,
- L.R. 3/1999, direttiva regionale 117/2000 (Vincolo Idrogeologico)
- PTPC Provincia di Modena;
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino del Fiume PO;
- O.P.C.M. n. 3274/2003 (classificazione sismica territorio);
- D. A. L. n. 112/2007 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"
- D. M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni).
- Circolare C.S.LL.PP. 2/2/2009 n.617.

COMMITTENTE :
SIG. PIERACCI ANDREA

IL TECNICO :
 DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI

MODENA 06/09/2012

RELAZIONI Frassinoro –variante 2012 Pieracci Andrea

PUNTI TRATTATI

CAP. 1	INTRODUZIONE	pag. 2
CAP. 2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pag. 3
CAP. 3	GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE	pag. 3
CAP. 4	CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE	pag. 6
CAP. 5	STRATIGRAFIA PARAMETRI GEOTECNICI	pag. 7
CAP. 6	RELAZIONE SISMICA	pag. 9
CAP. 7	CONCLUSIONI	pag. 14
	ALLEGATI	pag. 16

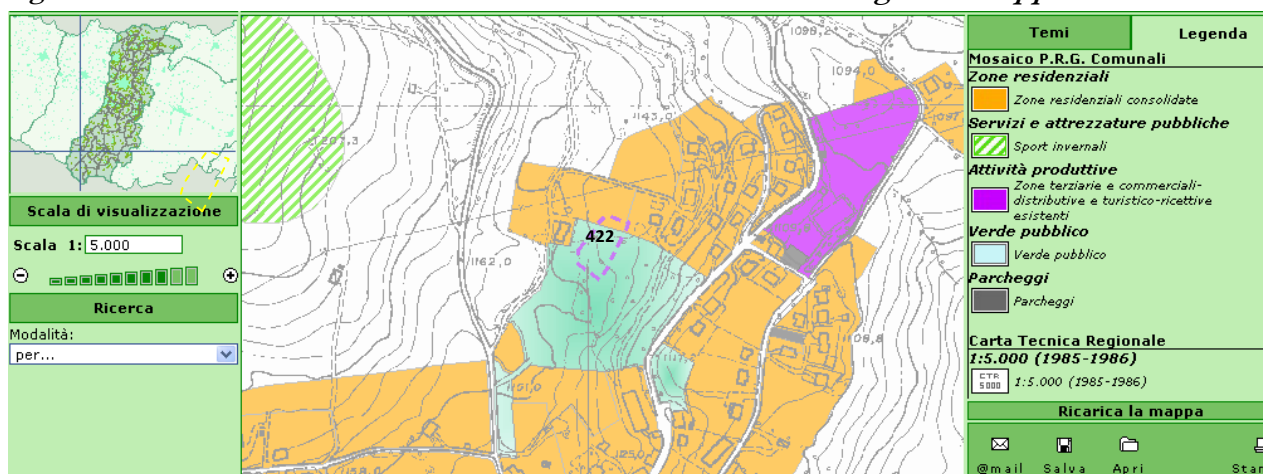
Cap. 1 INTRODUZIONE

Su incarico della committenza, è stata eseguita la presente relazione con lo scopo di verificare le caratteristiche generali litostratigrafiche, geomeccaniche e sismiche di un'area del comune di Frassinoro, in relazione ad una richiesta di variante al Piano Regolatore comunale, per un lotto di terreno ubicato presso il capoluogo in Via Alpina, ad una quota media di circa 1145 m /s l m.

Come evidenziato dalla Fig. 1 una piccola porzione dell'area considerata è già edificabile, ma si tratta di un lembo estremamente ristretto, di difficile utilizzo. Pertanto è intenzione del Sig. Pieracci estendere la zona ad uso residenziale in tutto il terreno di proprietà (si veda Foto 2).

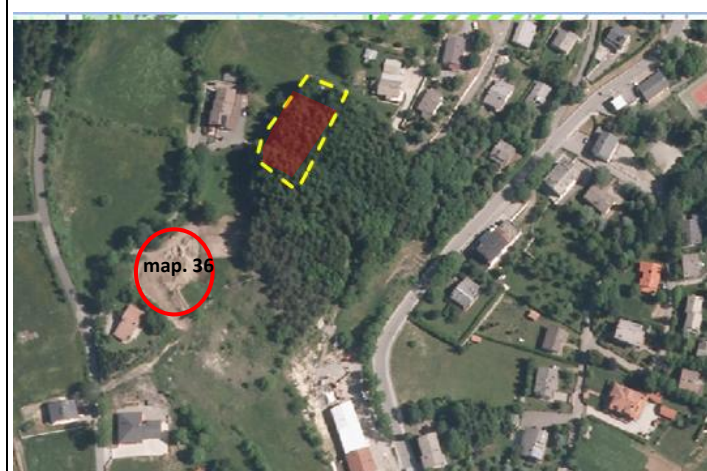
Il sito è intercluso tra lotti ad uso residenziale consolidato e confina con un'area in cui è appena terminata la costruzione di una villetta monofamiliare (Fig. 33, mapp. 36). Il diritto di edificabilità di tale zona era stato ottenuto nella Variante PRG precedente, ma non compare ancora sul Data Base Provinciale di Fig. 1.

Fig.1 - ZONIZZAZIONE PRG FRASSINORO. Rif. Catasto: Foglio 33 mappale 422



Estratto da SISTEMONET, Mosaico P.R.G. comunali 2002 (scala di visualizzazione ridotta del 50%)

Foto 2 (ortofoto AGEA 2011)



lotto in cui è richiesta la Variante PRG

interventi residenziali recenti

Cap. 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

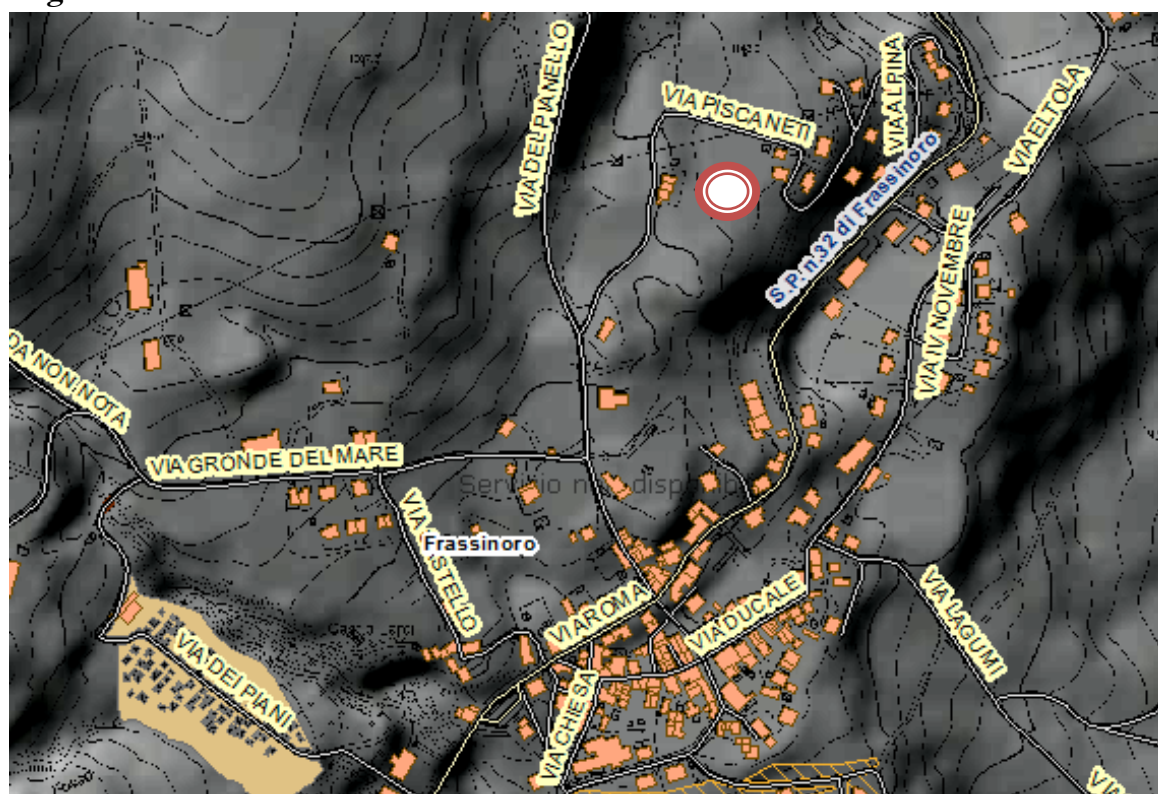
L'area studiata si trova nella zona settentrionale dell'abitato di Frassinoro, in Via Alpina, ed è interclusa dalla zona residenziale; essa è rintracciabile sui seguenti documenti topografici:

Cartografia C.T.R.: Foglio 1:25.000 235 SE Pievepelago; Sezione 1:10.000 - 235110 Frassinoro.

Cartografia I.G.M.: Foglio 1:100.000 n. 97 S. Marcello Pistoiese; Tavoleta 1:25.000 IV NO Frassinoro.

Cartografia CATASTALE: Foglio 33; Mappale 422.

Fig.2 – LOCALIZZAZIONE SITO



Estratto da GEOWIEWER, (scala 1: 5000)

Cap. 3 GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE

3.1- Carta geologica Regione Emilia Romagna

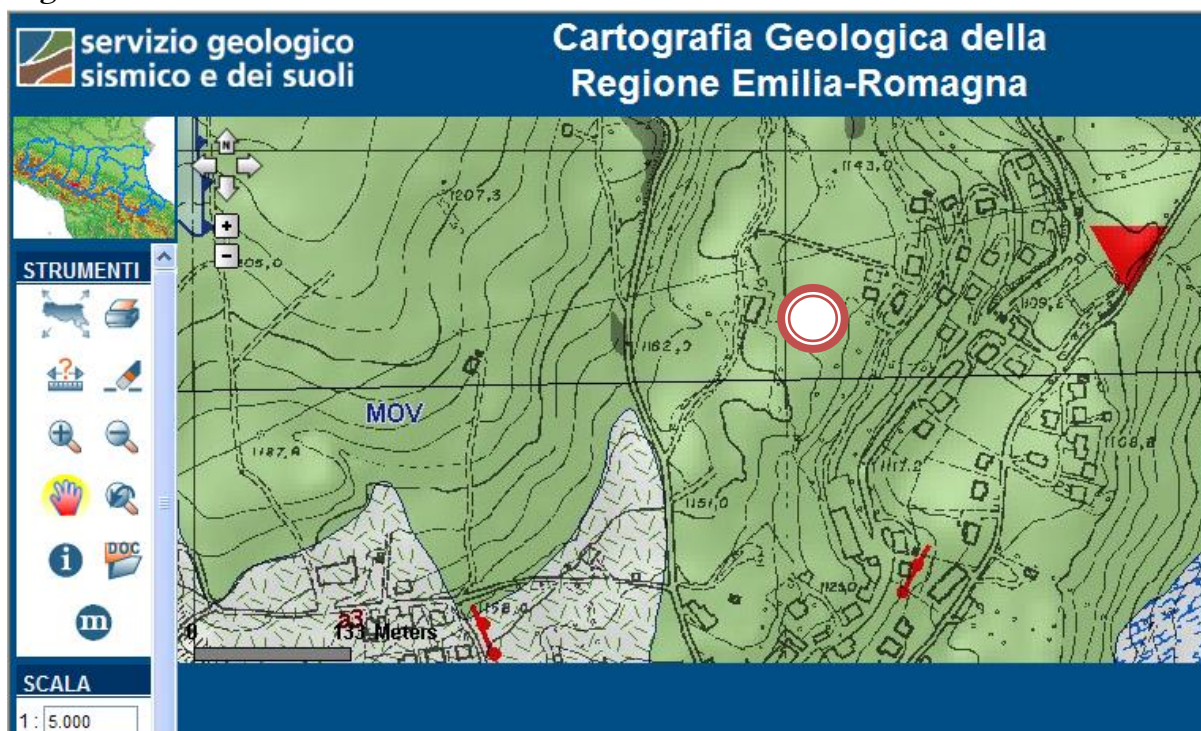
Dal punto di vista geologico, nella zona affiorano terreni appartenenti al **dominio Figure**. Nello specifico dell'area di variante sono presenti terreni attribuibili al Gruppo della formazione di M. Venere quali:

Formazione di Monte Venere (MOV):

Si tratta di ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P > 1/3$.

Fig.3 – CARTOGRAFIA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5.000



LEGENDA

Prove lineari

- prova MASW

Prove puntuali

- carotaggio continuo
- + misure di microtremore a stazione singola (HVSr)
- prova dinamica con penetrom. superpesante (DPSH)

Coperture quaternarie (10K)

- a3 - Deposito di versante s.l.

Unità geologiche (10K)

- MOV - Formazione di Monte Venere

3.2- Geologia rilevata

Il centro abitato di Frassinoro è posto alla quota di 1131 m e riposa sopra una serie di grandi ripiani, rappresentati da ammassi rocciosi raccordati tra loro; questi ultimi sono costituiti da un flysch calcareo (assimilabile al Flysch di M. Venere, MOV – creta sup.) che affiora con continuità dal fondovalle fino alla zona di crinale. Si tratta di torbiditi calcareo marnose di colore grigio (nocciola se alterate) cui seguono marne ed argille chiare nella porzione superiore degli strati. A luoghi si intercalano potenti pacchi costituiti da strati arenaceo – calcarei ed argille nerastre in strati da sottili a medi. Lo spessore degli strati litoidi varia dai 20 cm ai 2 m; leggermente superiore è lo spessore delle porzioni marnose. Nelle vicinanze del sito tale unità si presenta in giacitura normale con inclinazione media di circa 45°.

Dal punto di vista morfologico l'intero versante appare caratterizzato da una struttura a Gradoni, dove i grandi ripiani rocciosi su cui è insediato l'abitato sono tra loro raccordati tramite versanti decisamente più acclivi.

3.3 - Dettaglio del Sito

L'area oggetto di studio si trova, in posizione sub-pianeggiante, all'interno di un dolce versante in **condizioni di stabilità**.

Dal punto di vista stratigrafico il substrato roccioso è ricoperto da una coltre di terreno costituito dal disfacimento naturale della formazione fliscioide e da depositi colluviali.

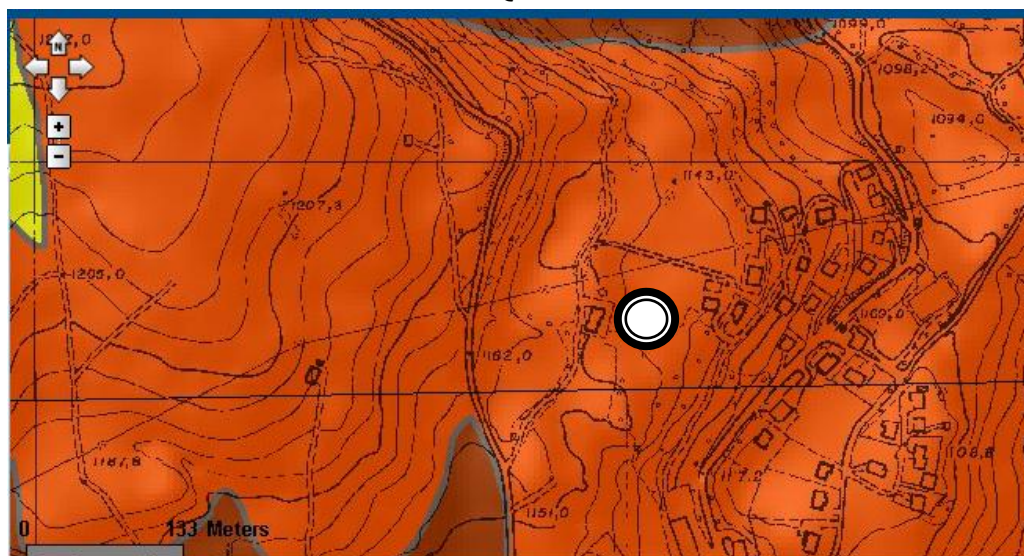
3.4 - Idrogeologia

I terreni affioranti presso il sito sono definiti come *Ammassi rocciosi*, 'rocce magazzino', ovvero un substrato in cui, pur non essendo presente una falda, possono esservi movimenti stagionali di acqua, in relazione alla piovosità.

Nei sondaggi svolti a poche decine di metri dal sito per altri interventi edificatori (gennaio 2001, marzo 2008), non si è rilevata la presenza di acqua (si veda l'ubicazione in Fig.8).

Fig.4 – CARTOGRAFIA SORGENTI E ACQUIFERI REGIONALE

Scala 1:5.000



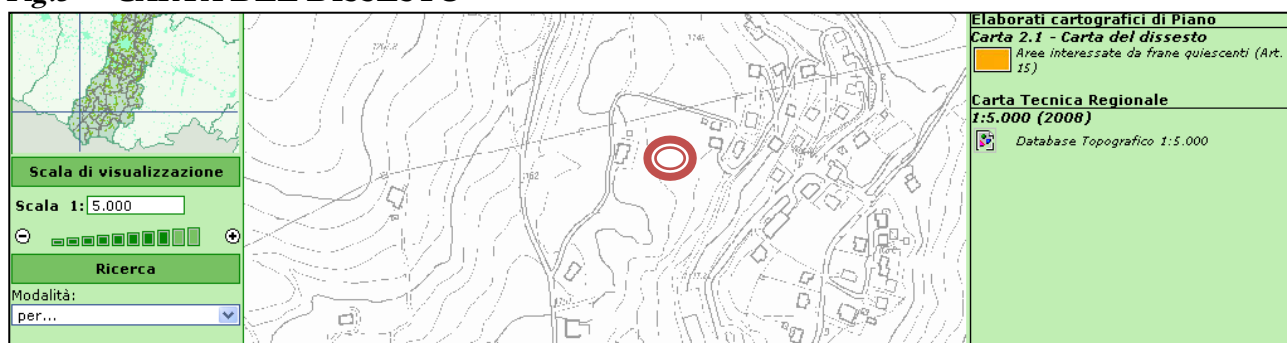
LEGENDA

	Sorgenti
Coperture di versante, su ammassi rocciosi	
	cop1a - Coperture detritiche di versante, associate ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'
Ammassi rocciosi	
	ar1 - Ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'

Cap. 4 CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE

4.1 – PTCP, Carta del Rischio da Frana

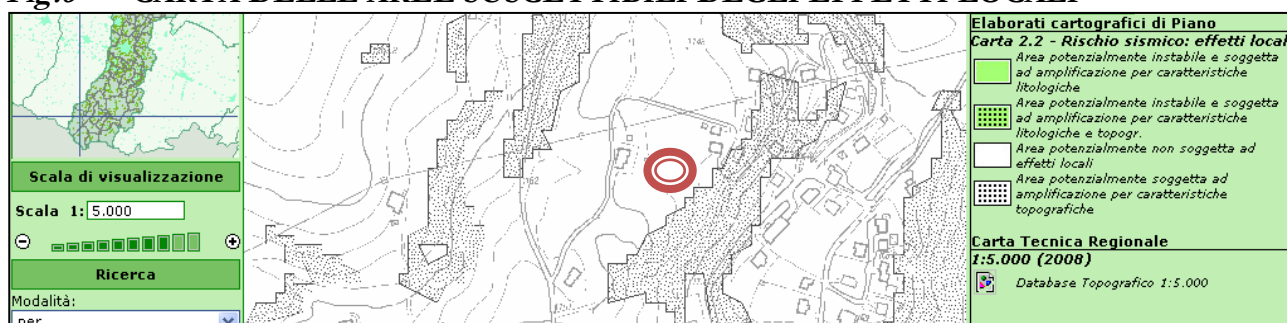
Fig.5 – CARTA DEL DISSESTO



L'area **non è interessata** da alcun tipo di dissesto e quindi non risulta soggetta alle limitazioni dell'art. 15.

4.2 – PTCP, Rischio Sismico

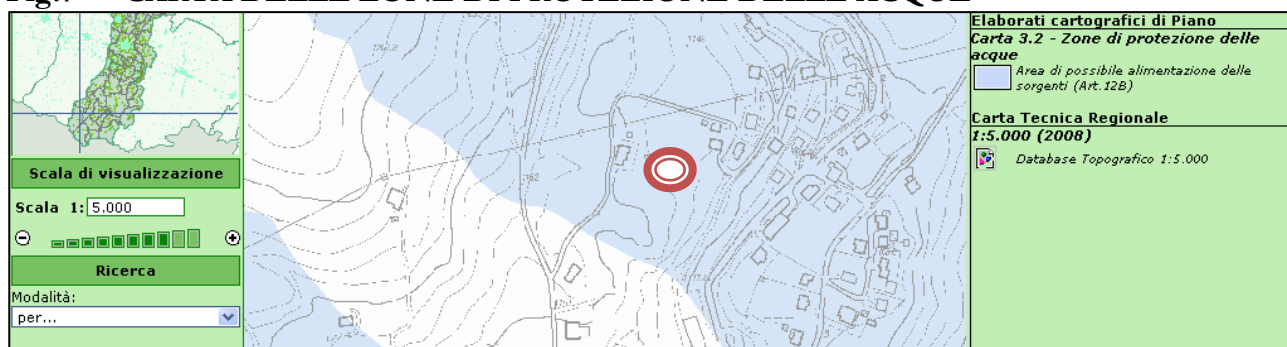
Fig.6 – CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DEGLI EFFETTI LOCALI



Il lotto esaminato ricade in una zona classificata come “**Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali**”, la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico viene descritta nel capitolo 6.

4.3 – PTCP, Protezione delle acque

Fig.7 – CARTA DELLE ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE



Il sito ricade in un'area di possibile alimentazione delle sorgenti e pertanto è assoggettato alle limitazioni dell'art. 12B, che non preclude la Variante al PRG richiesta.

Cap. 5 - STRATIGRAFIA, PARAMETRI GEOTECNICI

La stratigrafia del sito è stata delineata facendo riferimento a 2 prove penetrometriche DPSH di privati, realizzate su lotti adiacenti oggetto di recenti edificazioni monofamiliari (Foglio 24, mapp. 507 e, foglio 33 mapp. 36). Tali sondaggi presentano una buona coerenza sia tra di loro, sia con una prospezione sismica HVSR eseguita sul sito in data 25/08/2012.

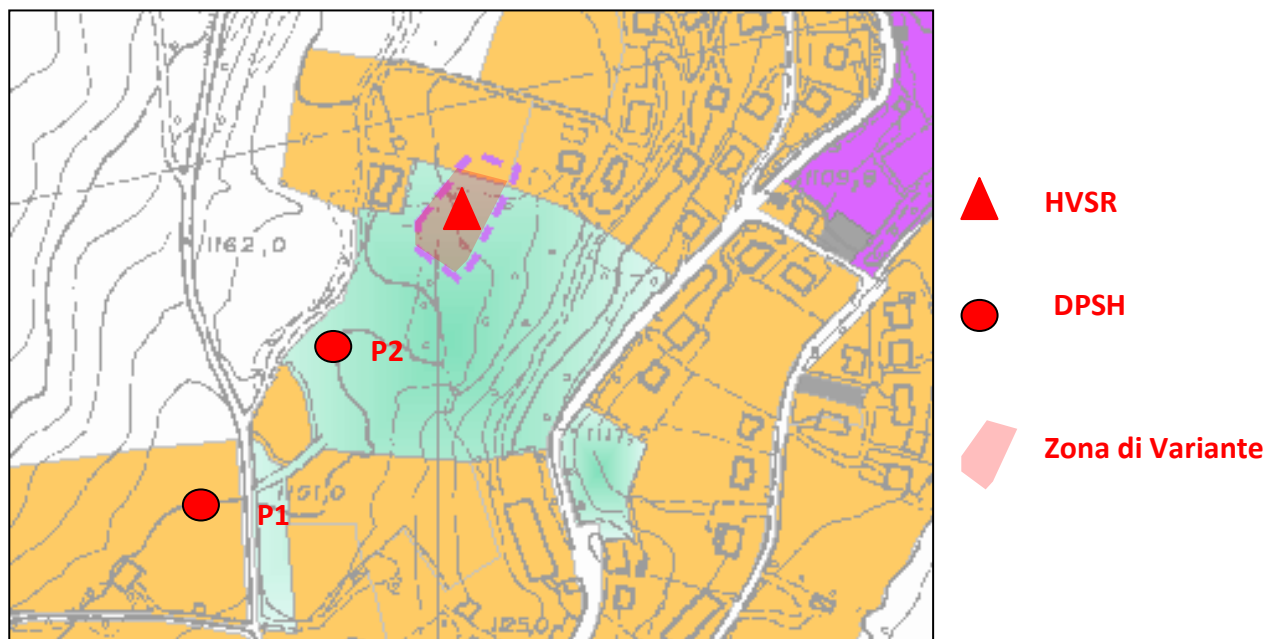
L'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche evidenzia la presenza di un Flysch, cioè di un'alternanza di strati argillosi coesivi con strati "rocciosi". L'analisi dei valori di picco della resistenza alla penetrazione indica però che, nei primi 4/5 metri di terreno, il substrato roccioso appare disgregato e fratturato, in seguito a fenomeni di alterazione naturali. Si rileva così la presenza disordinata di trovati rocciosi frammisti a terreni detritici di natura sia coesiva sia litoide.

In sostanza il terreno di fondazione nel suo insieme può essere considerato come un buon terreno detritico piuttosto che come un terreno roccioso in posto.

L'analisi sismica realizzata sul sito conferma la presenza di terreno compatto, con caratteristiche meccaniche crescenti in profondità, a partire da circa 3 m, evidenziando uniformità con le prove penetrometriche.

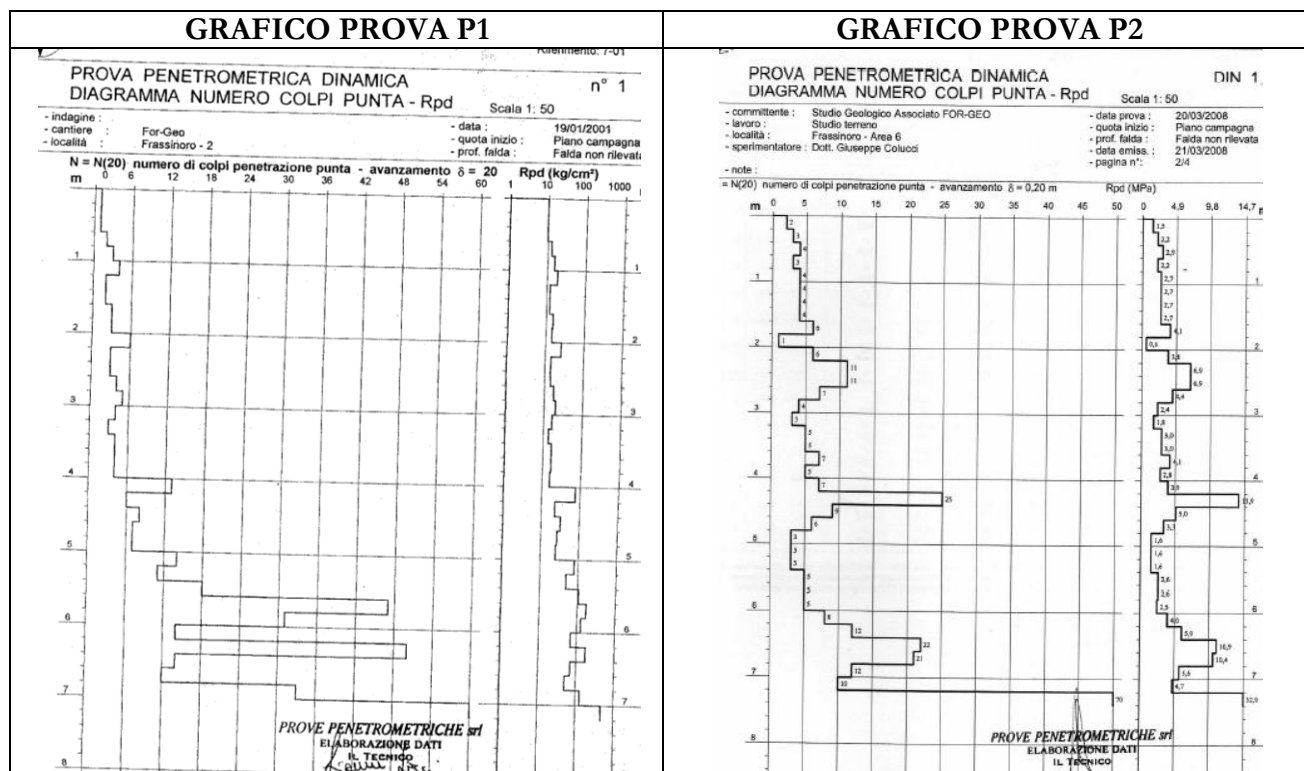
In corrispondenza della P2 il suolo diviene impenetrabile a circa 7 m dal p. c.

FIG. 8 UBICAZIONE SONDAGGI scala 1:5000



Di seguito vengono sintetizzati i grafici originali delle prove DPSH, gentilmente concessi dai proprietari, mentre in ALLEGATO sono riportate le rielaborazioni comprensive di grafici e tabelle.

I parametri geotecnici elencati nella pagina seguente sono stati "tarati" sulla prova P2, che risulta molto prossima al sito.



PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO INVESTIGATO

L'elaborazione delle prove penetrometriche ha permesso la ricostruzione dei seguenti parametri geotecnici:

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

COMUNE: FRASSINORO						DATA: 28/03/2008					
NOME FILE ELIO 1						PENETROMETRO DPSH					
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]			ϕ [°]	Mo [kN/m²]	Qa1 [kN/m²]	Cu [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Qa2 [kN/m²]	σ_v' [kN/m²]	Rpd [kN/m²]	Qa3 [kN/m²]
0.6	3.0	6.6	24.9	4686	63	44	3960	78	7.6	2235	89
2.2	4.0	8.8	26.2	6248	156	59	5280	111	28.5	2741	110
3.6	6.6	14.5	29.3	10265	372	97	8674	185	57.0	4129	165
4.4	11.0	24.2	32.5	17182	930	162	14520	304	77.9	6293	252
6.2	5.2	11.5	27.9	8157	554	77	6893	166	102.6	2802	112

H = Profondità del letto dello strato elementare

N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento

Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)

$\phi^o = N_{spt} < 30 (15 \cdot N_{spt})^5 + 15; N_{spt} > 30 - 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26$. (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)

Mo = $710 \cdot N_{spt}$ [Modulo Confinato] [kN/m²] (Farrent)

Qa1 = $(h \cdot \gamma' \cdot N_q) / 3$ [kN/m²] (Carico ammissibile - Terzaghi semplificata)

Ed = $600 \cdot N_{spt}$ [Modulo Edometrico] [kN/m²] (Stroud & Butler)

Cu = $6.7 \cdot N_{spt}$ [kN/m²] (Terzaghi)

Qa2 = $(Cu \cdot N_c) / 3$ [kN/m²] (Carico ammissibile - Terzaghi semplificato)

Rdp = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$ [kN/m²] (Formula degli Olandesi)

Qa3 = $Rdp / 15 + 30$; $Rdp / 20$ [kN/m²] (Carico ammissibile, Sanglerat)

PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO (fondaz. Superficiali)

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
0.6	3.0	6.6	3	24.9	9.1	29.8	24.6	44	268.5	162	116
2.2	4.0	8.8	8	26.2	2.6	24.3	19.9	59	23.6	42	30
3.6	6.6	14.5	7	29.3	3.6	26.5	21.7	97	48.0	59	42
4.4	11.0	24.2	4	32.5	6.2	31.1	25.8	162	138.3	132	94
6.2	5.2	11.5	9	27.9	2.7	26.1	21.4	77	31.9	56	40

LEGENDA

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato
 ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato
 ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)
 ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma\phi' = 1.25$]
 C_{um} = Dato medio della coesione non drenata
 C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)
 C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma c_u = 1.4$]

(continua PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO)

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	MO_m [kN/m ²]	dev stand	MO_k [kN/m ²]	MO_d [kN/m ²]	Ed_m [kN/m ²]	dev stand	Ed_k [kN/m ²]	Ed_d [kN/m ²]
0.6	3.0	6.6	3.0	4686	28448	17144	17144	3960	24041	14488	14488
2.2	4.0	8.8	8.0	6248	2505	4454	4454	5280	2117	3764	3764
3.6	6.6	14.5	7.0	10265	5090	6227	6227	8674	4301	5262	5262
4.4	11.0	24.2	4.0	17182	14653	13975	13975	14520	12383	11810	11810
6.2	5.2	11.5	9.0	8157	3384	5932	5932	6893	2860	5013	5013

LEGENDA

Num= Numero dei dati presi in considerazione per ogni strato
 MO_m = Media del Modulo Confinato
 MO_k = Valore Caratteristico del Modulo Confinato (5° percentile di distribuzione della media)
 MO_d = Valore di Progetto del Modulo Confinato
 Ed_m = Media del Modulo Edometrico
 Ed_k = Valore Caratteristico del Modulo Edometrico (5° percentile di distribuzione della media)
 Ed_d = Valore di Progetto del Modulo Edometrico

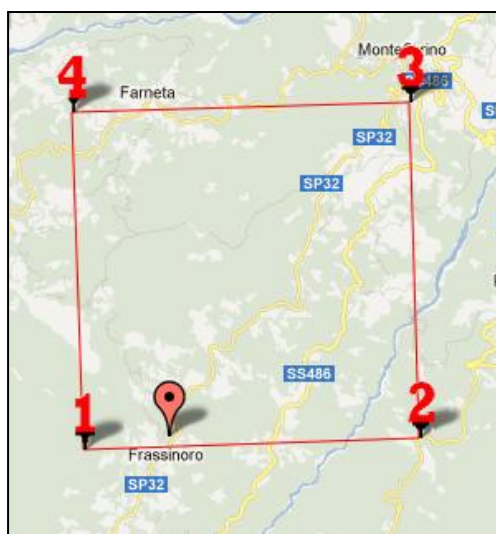
Cap. 6 - RELAZIONE SISMICA

In seguito alla classificazione sismica proposta dall'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ed al D. M. 14/01/2008 recante *norme tecniche per le costruzioni*, **il Comune di Frassinoro ricade in zona 2.**

Decreti fino al 1984	GdL 1988	Classificazione 2003
sismicità alta, S = 12	prima categoria	Zona 1
sismicità media, S = 9	seconda categoria	Zona 2
sismicità bassa, S = 6	terza categoria	Zona 3

6.1 Pericolosità sismica di base del sito

Coordinate WGS84: latitudine: 44,299511 [°], longitudine: 10,573203 [°]



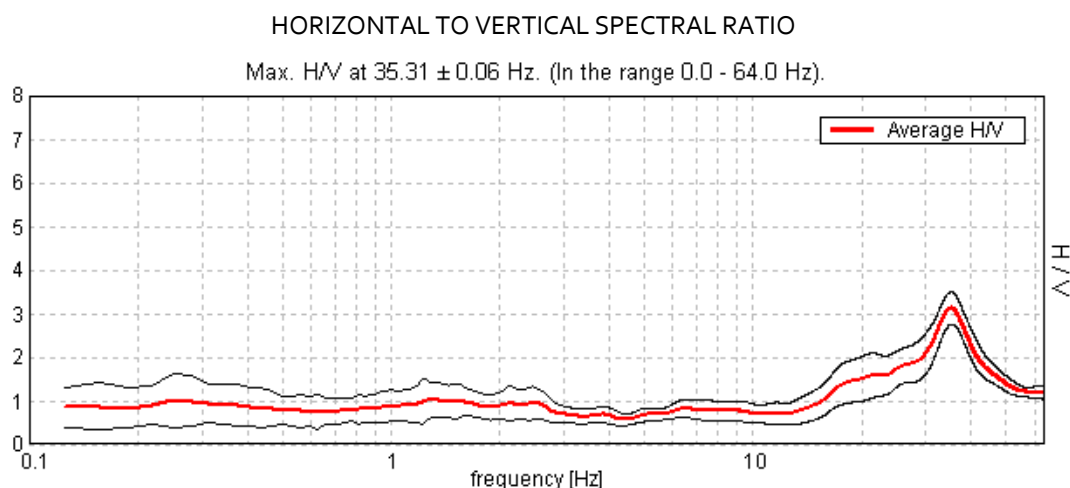
Secondo il D.M. 14/01/2008 il calcolo dell'azione sismica dipende innanzitutto dalla posizione geografica del sito. La normativa fornisce per **10751** punti del *reticolo di riferimento 9* valori del periodo di ritorno T_R (**30** anni, **50** anni, **72** anni, **101** anni, **140** anni, **201** anni, **475** anni, **975** anni, **2475** anni).

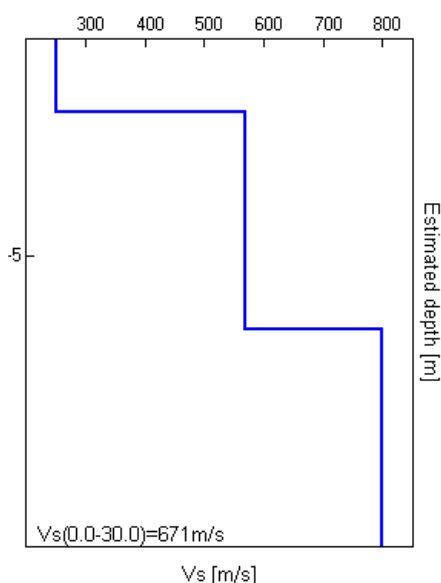
Introducendo le coordinate geografiche esatte dell'intervento si ottengono i parametri sismici di base dell'area (a_g , F_0 , T_c) e gli spettri di risposta elastici di base per i periodi T_R di riferimento.

Questi ultimi non tengono conto degli effetti determinati dall'“*amplificazione sismica locale*” e dal tipo di “*prestazioni*” previste per l'edificio in progetto, che vengono pertanto dimensionati nei paragrafi successivi.

6.2 Amplificazione stratigrafica

Ai sensi della normativa vigente la classificazione del suolo avviene in base alla velocità delle onde S nel terreno, entro i primi 30 m di profondità dal p.c. Per determinare tale valore (denominato **V_s 30**), in data 24/08/2012, è stata eseguita, presso il sito, una prospezione sismica mediante sismografo a stazione singola della Micromed (tromino Engy). La misura si basa sulla registrazione dei microtremori tramite i rapporti spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali e verticali del moto (Noghoishi e Igarashi 1970). La frequenza fondamentale di risonanza (F_r) dello strato relativa alle onde S è pari a: $F_r = V_s / (4 \cdot h)$. Dal grafico che segue si possono osservare dei picchi che corrispondono agli strati di terreno identificati (terreno agrario, strato alterato, e substrato compatto).





Dalla formula precedente, fissati i valori medi della V_s , si può calcolare approssimativamente lo spessore del primo strato costituito da terreno superficiale (1.7 m)

Estendendo e raffinando il ragionamento a tutti gli altri strati ed eseguendo l'inversione della velocità con ricostruzione teorica del grafico delle frequenze attraverso opportuno software si ottiene la seguente interpretazione stratigrafica più dettagliata:

Si noti un primo netto cambio di velocità a circa -1,7 m dal p.c. corrispondente al passaggio *terreno superficiale* – *flysch calcareo*, ed un secondo cambio a -6,7 m dal p.c fra *flysch calcareo* - *roccia compatta*, con $V_s = 800$ m/s.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]
1.70	1.70	250
6.70	5.00	570
inf.	inf.	800

In conclusione, dall'analisi delle V_{s30} misurate con il sismografo, si ottiene un suolo con:

$$V_{s30} = 671 \text{ m/s.}$$

Determinata la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio (V_{s30}), ai sensi della normativa vigente si classifica il terreno di fondazione dell'intervento in progetto appartenente alla categoria b:

categoria "B" Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con $360 \text{ m/s} < V_{s30} < 800 \text{ m/s}$ (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ o coesione non drenata $c_u > 250 \text{ Kpa}$).

Dove il coefficiente di amplificazione stratigrafica vale:

$$S_s = 1.2$$

6.3 Amplificazione topografica

Dal punto di vista topografico il terreno rientra nella: **classe T1**

T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

dove il coefficiente di amplificazione topografica vale: **$S_t = 1.0$**

6.4 Strategia di progettazione

La **vita nominale** di un'opera strutturale **VN** è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 **classi d'uso**, alle quali vengono associati i seguenti **coefficienti d'uso CU** :

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE CU	0.7	1.0	1.5	2.0

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un **periodo di riferimento VR** che si ricava, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:
 $VR = VN \times CU$

Ipotizzando la realizzazione di un nuovo manufatto ad uso abitazione civile, sono quindi attese le seguenti prestazioni:

vita nominale VN = 50 anni (opere ordinarie),
 classe d'uso = II , (normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente)
 coefficiente d'uso cu = 1,
vita di riferimento VR = VN x CU = 50 x 1 = 50 anni

6.5 Azione sismica di progetto

Combinando l'azione sismica di base (determinata dalla posizione geografica del sito) con gli effetti di amplificazione locale e le prestazioni attese dalla costruzione, si calcolano i parametri **a_g , F_o , T_c** , da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE** di **Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU** di **Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, come previsto dalla normativa vigente.

STATO LIMITE	Prob. Superamento (%)	T_R (anni)	A_g (g)	F_o (-)	T_c (s)
SLO operatività	81	30	0.059	2,478	0,249
SLD danno	63	50	0.074	2,458	0,260
SLV vita	10	475	0.171	2,514	0,292
SLC collasso	5	975	0.215	2,513	0,304

a_g è l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale. **F_o** è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2. **T_c** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

Nella sottostante tabella si riassumono i principali **Coefficienti sismici**:

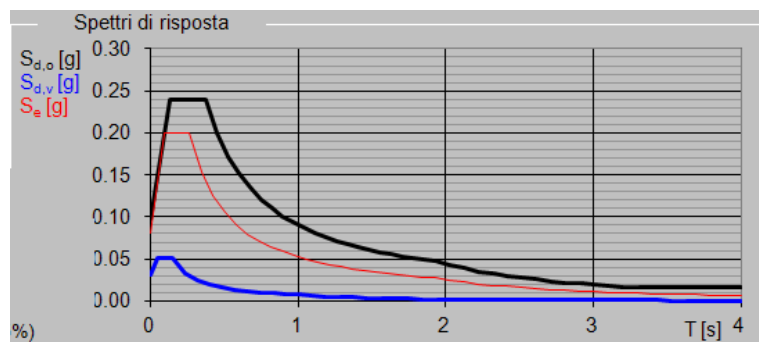
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,450	1,000	0,013	0,006	0,692	0,180
SLD	1,200	1,440	1,000	0,016	0,008	0,873	0,180
SLV	1,200	1,410	1,000	0,049	0,025	2,010	0,240
SLC	1,180	1,400	1,000	0,079	0,039	2,485	0,310

Ss = amplificazione stratigrafica, **CC** = coefficiente che modifica il valore del periodo T_c , **Kh** = coefficiente sismico orizzontale, **Kv** = coefficiente sismico verticale, **St** = amplificazione topografica, **Amax** = accelerazione massima in superficie.

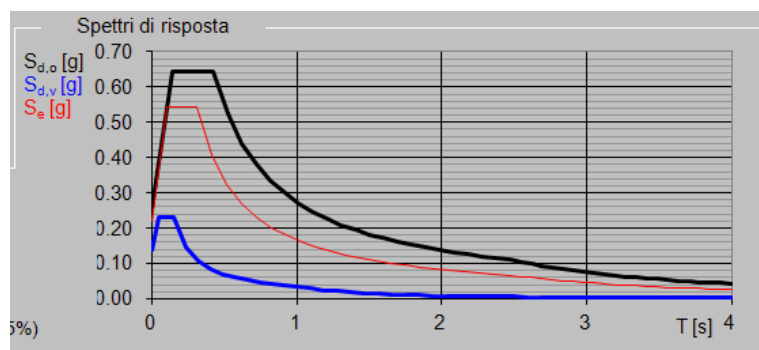
Ne risultano i seguenti **spettri di progetto ed elastici** :

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.

SLO



SLV



Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_t \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

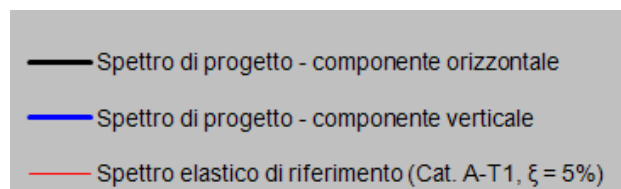
Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c T_D}{T^2} \right)$$



6.6 Accelerazione massima in superficie

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima ($a_{\max}$) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di $a_{\max}$ può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s ed S_t sono rispettivamente i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica. In questo caso riferendoci allo stato limite SLV si ottiene:

$$a_{\max} = 1.2 \times 1 \times 0.171 \times g = 2,010 \text{ m/s}^2$$

6.7 Verifica a liquefazione

Le indagini svolte hanno **escluso la presenza di orizzonti liquefacibili**.

6.8 calcolo dei Fattori di Amplificazione (F.A.) sismica al suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura si ottiene con la seguente formula:

$$V_{s_{MEDIA}} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}} = 250 \text{ m/s}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura
 h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo
 V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo

Tenendo conto delle prove penetrometriche e sismiche realizzate sul sito si determina lo spessore dello strato di copertura a 5 m.

Attraverso il dato ottenuto, con l'ausilio delle tabelle allegate alla deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna si determinano i fattori di amplificazione per le caratteristiche litologiche, che valgono:

F.A. P.G.A. (Picco Accelerazione Gravitazionale) = 1.7

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < T₀ < 0.5s = 1.5

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < T₀ < 1.0s = 1.4

Cap. 7 CONCLUSIONI

La presente relazione tratta dell'analisi di fattibilità di una variante del Piano Regolatore di Frassinoro (MO), per un lotto di terreno ubicato a monte del capoluogo in via Alpina. I dati relativi ai caratteri geologici, geotecnici e sismici del sito sono stati confrontati con le prescrizioni contenute nelle leggi e negli strumenti di pianificazione vigenti.

Si è rilevato che il sito è ubicato nella porzione settentrionale del capoluogo e si trova sopra un terreno costituito dalla Formazione di Montevenere (MOV), in posto.

Il lotto si trova in **condizioni di stabilità e non interferisce con acque di falda e/o superficiali**.

Dal confronto con il P.T.C.P. della Provincia di Modena si è riscontrato che la variante proposta **non interferisce** con le limitazioni d'uso del suolo previste dalle norme di Piano (si veda cap. 4).

La stratigrafia è stata ricostruita con l'ausilio di 2 prova penetrometriche DPSH realizzate nelle immediate vicinanze da privati e con una prospezione sismica HVSR eseguita sul sito dallo scrivente (si veda Cap. 5).

I dati ottenuti evidenziano la presenza di un primo strato, profondo da 1,7 a 5 m, rappresentato da materiale alterato costituito prevalentemente da trovanti litoidi eterometrici inglobati da una matrice bruna coesiva, che mostra buone caratteristiche meccaniche. Tale orizzonte è seguito da terreno roccioso in posto.

Dal punto di vista sismico ne sono emersi i seguenti parametri (si veda cap. 6):

D. M. 14/01/2008

- | | |
|--|------------------------------------|
| - cat. terreno di fondazione: | Cat. "B" ($V_{s30}=671$ m/s) |
| - coefficiente di amplificazione stratigrafica per SLV | $S_s = 1,2$ |
| - classe topografica T1, coefficiente di amplificazione topografica, | $S_t = 1,0$ |
| - accelerazione max in superficie per SLV | $a_{max} = 2,010$ m/s ² |

Deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna

- velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura: V_s media = 250 m/s
- fattori di amplificazione:

F.A. P.G.A. = 1.7

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_o < 0.5s = 1.5$

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_o < 1.0s = 1.4$

i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima), F_o (fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima), T_c (periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro) e gli **spettri elastici di progetto**, da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE** di **Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU** di **Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, sono stati dimensionati ipotizzando la realizzazione di un manufatto con CU (classe d'uso) = II e VN (Vita Nominale) = 50 anni. La loro quantificazione dovrà ovviamente essere rivista in fase esecutiva in rapporto alle effettive prestazioni del manufatto.

In conclusione, l'area osservata si trova in condizione di **stabilità** e la realizzazione di eventuali interventi edilizi non produrrà variazioni degli equilibri esistenti.

Per la definizione del tipo di fondazioni da adottare e relativi carichi applicati, si attende un progetto esecutivo che **andrà corredato da specifica campagna geognostica**.

Considerata la non interferenza con acque superficiali e con altre limitazioni di carattere legislativo, **si ritiene verificata la fattibilità geologica, geotecnica e sismica della richiesta variante al Piano Regolatore di Frassinoro (MO)**, relativamente al lotto esaminato.

DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI
ISCRITTO ALL'ORDINE REGIONALE DEI
GEOLOGI CON IL NUMERO 558

Si rilascia l'assenso per l'uso di tale relazione da parte del Comune per scopi di tipo pianificatorio.

ALLEGATI

• Prove penetrometriche DPM

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA : PAGANI TG 63-100

M	63.5	Kg	Peso massa battente
H	75	cm	Altezza di caduta
A	50.5	cmq	Diametro della punta conica
α	90	°	Angolo apertura Punta
La	100	cm	Lunghezza asta
Ma	30	Kg	Massa sistema di battuta
d	20	cm	Passo di avanzamento

TABELLA PROVA PENETROMETRICA DPM **P1** (rif. Catastale Fg. 24 mapp. 507)

COMUNE: FRASSINORO						DATA: 19/01/2001						
NOME FILE PIERAZZI						PENETROMETRO DPM				FALDA NO		
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva				Asta	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ_v' [kN/m ²]			
0.20	1	2.2	20.7	1562	43	15	1320	27	3.8	1	745	30
0.40	1	2.2	20.7	1562	52	15	1320	28	7.6	1	745	30
0.60	1	2.2	20.7	1562	61	15	1320	29	11.4	1	745	30
0.80	2	4.4	23.1	3124	79	29	2640	56	15.2	1	1490	60
1.00	3	6.6	24.9	4686	102	44	3960	82	19.0	2	2071	83
1.20	4	8.8	26.5	6248	129	59	5280	109	22.8	2	2762	110
1.40	2	4.4	23.1	3124	112	29	2640	59	26.6	2	1381	55
1.60	2	4.4	23.1	3124	123	29	2640	61	30.4	2	1381	55
1.80	3	6.6	24.9	4686	155	44	3960	87	34.2	2	2071	83
2.00	3	6.6	24.9	4686	169	44	3960	88	38.0	3	1930	77
2.20	6	13.2	29.1	9372	265	88	7920	165	41.8	3	3861	154
2.40	3	6.6	24.9	4686	196	44	3960	91	45.6	3	1930	77
2.60	3	6.6	24.9	4686	209	44	3960	92	49.4	3	1930	77
2.80	4	8.8	26.5	6248	256	59	5280	119	53.2	3	2574	103
3.00	5	11.0	27.8	7810	309	74	6600	145	57.0	4	3012	120
3.20	4	8.8	26.5	6248	288	59	5280	121	60.8	4	2410	96
3.40	3	6.6	24.9	4686	263	44	3960	97	64.6	4	1807	72
3.60	4	8.8	26.5	6248	319	59	5280	124	68.4	4	2410	96
3.80	4	8.8	26.5	6248	335	59	5280	125	72.2	4	2410	96
4.00	4	8.8	26.5	6248	351	59	5280	126	76.0	5	2265	91
4.20	13	28.6	35.7	20306	1003	192	17160	355	79.8	5	7362	294
4.40	6	13.2	29.1	9372	496	88	7920	179	83.6	5	3398	136
4.60	8	17.6	31.2	12496	653	118	10560	231	87.4	5	4531	181
4.80	7	15.4	30.2	10934	607	103	9240	207	91.2	5	3964	159
5.00	7	15.4	30.2	10934	630	103	9240	208	95.0	6	3740	150
5.20	14	30.8	36.2	21868	1315	206	18480	386	98.8	6	7480	299
5.40	11	24.2	34.1	17182	1048	162	14520	312	102.6	6	5877	235
5.60	18	39.6	38.4	28116	1866	265	23760	490	106.4	6	9618	385
5.80	47	99.0	45.0	70290	4987	663	59400	1173	110.2	6	25113	1005
6.00	31	68.2	43.9	48422	4334	457	40920	821	114.0	7	15677	627
6.20	14	30.8	36.2	21868	1561	206	18480	393	117.8	7	7080	283
6.40	50	99.0	45.0	70290	5499	663	59400	1177	121.6	7	25286	1011

6.60	14	30.8	36.2	21868	1659	206	18480	395	125.4	7	7080	283
6.80	12	26.4	34.9	18744	1450	177	15840	346	129.2	7	6069	243
7.00	33	72.6	44.5	51546	5561	486	43560	878	133.0	8	15841	634
7.20	120	99.0	45.0	70290	6182	663	59400	1182	136.8	8	57604	2304

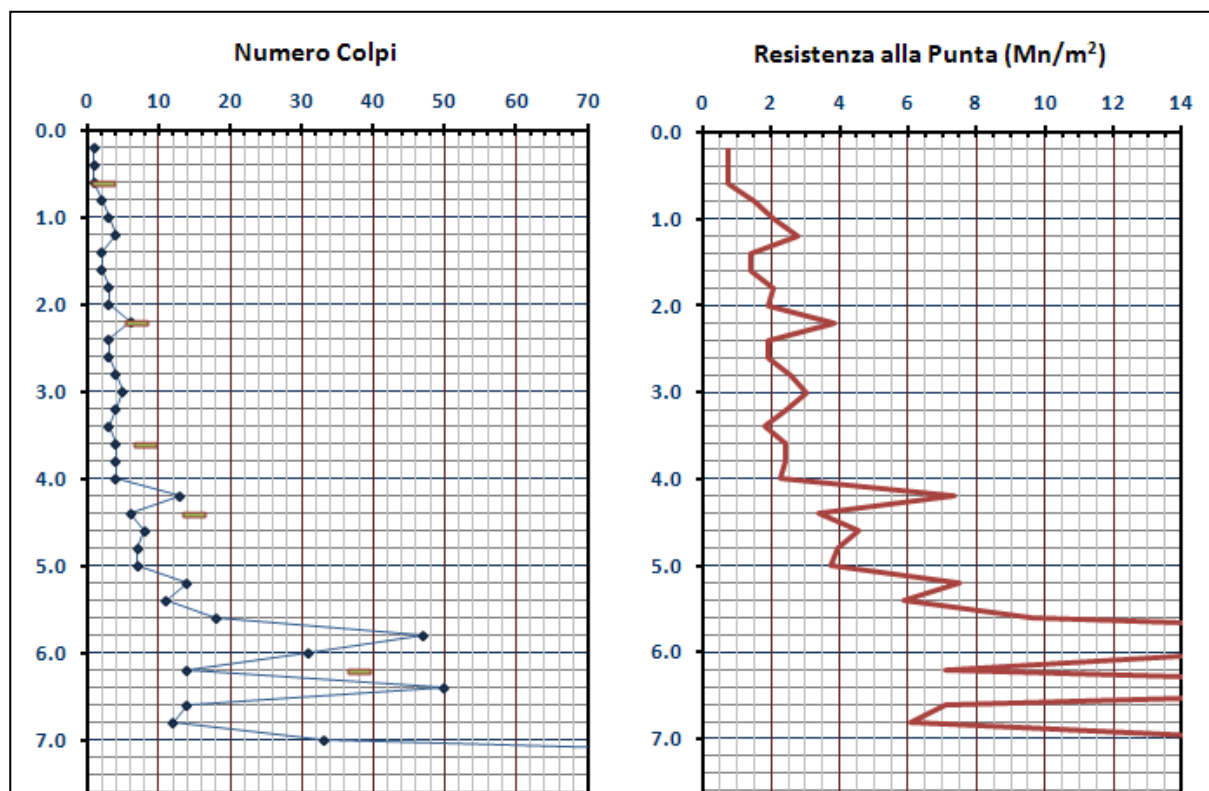
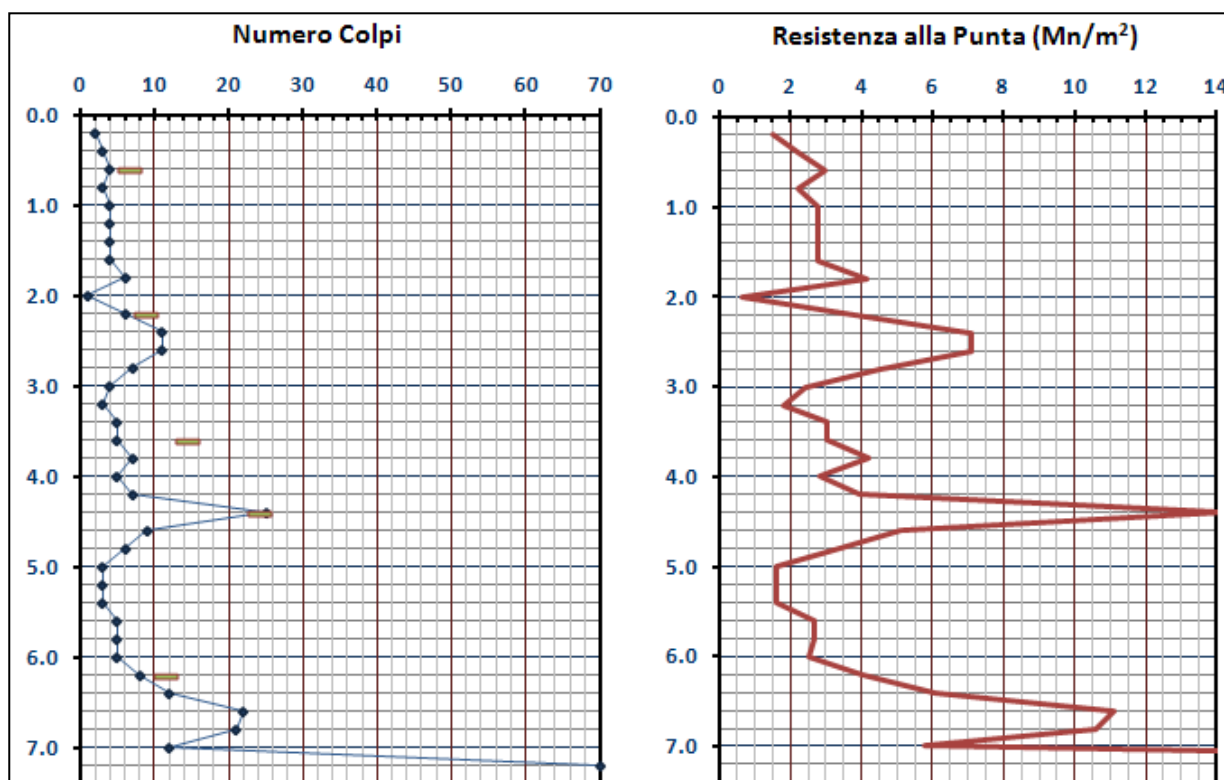


TABELLA PROVA PENETROMETRICA DPSH **P2** (rif. Catastale foglio 33 mapp. 36)

COMUNE: FRASSINORO						DATA: 28/03/2008						
NOME FILE ELIO 1						PENETROMETRO DPSH				FALDA NO		
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva						
			ϕ [°]	Mo [kN/m²]	Qa1 [kN/m²]	Cu [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Qa2 [kN/m²]	σ_v' [kN/m²]	Asta	Rpd [kN/m²]	Qa3 [kN/m²]
0.20	2	4.4	23.1	3124	46	29	2640	52	3.8	1	1490	60
0.40	3	6.6	24.9	4686	61	44	3960	78	7.6	1	2235	89
0.60	4	8.8	26.5	6248	82	59	5280	105	11.4	1	2979	119
0.80	3	6.6	24.9	4686	88	44	3960	81	15.2	1	2235	89
1.00	4	8.8	26.5	6248	114	59	5280	107	19.0	2	2762	110
1.20	4	8.8	26.5	6248	129	59	5280	109	22.8	2	2762	110
1.40	4	8.8	26.5	6248	145	59	5280	110	26.6	2	2762	110
1.60	4	8.8	26.5	6248	161	59	5280	111	30.4	2	2762	110
1.80	6	13.2	29.1	9372	223	88	7920	163	34.2	2	4143	166
2.00	1	2.2	20.7	1562	122	15	1320	38	38.0	3	643	26
2.20	6	13.2	29.1	9372	265	88	7920	165	41.8	3	3861	154
2.40	11	24.2	34.1	17182	485	162	14520	293	45.6	3	7078	283
2.60	11	24.2	34.1	17182	522	162	14520	294	49.4	3	7078	283
2.80	7	15.4	30.2	10934	368	103	9240	195	53.2	3	4504	180
3.00	4	8.8	26.5	6248	272	59	5280	120	57.0	4	2410	96
3.20	3	6.6	24.9	4686	249	44	3960	96	60.8	4	1807	72

3.40	5	11.0	27.8	7810	346	74	6600	148	64.6	4	3012	120
3.60	5	11.0	27.8	7810	364	74	6600	149	68.4	4	3012	120
3.80	7	15.4	30.2	10934	487	103	9240	201	72.2	4	4217	169
4.00	5	11.0	27.8	7810	401	74	6600	152	76.0	5	2832	113
4.20	7	15.4	30.2	10934	535	103	9240	203	79.8	5	3964	159
4.40	25	55.0	41.7	39050	2298	369	33000	659	83.6	5	14158	566
4.60	9	19.8	32.2	14058	728	133	11880	256	87.4	5	5097	204
4.80	6	13.2	29.1	9372	538	88	7920	182	91.2	5	3398	136
5.00	3	6.6	24.9	4686	370	44	3960	107	95.0	6	1603	64
5.20	3	6.6	24.9	4686	384	44	3960	109	98.8	6	1603	64
5.40	3	6.6	24.9	4686	397	44	3960	110	102.6	6	1603	64
5.60	5	11.0	27.8	7810	548	74	6600	162	106.4	6	2672	107
5.80	5	11.0	27.8	7810	566	74	6600	163	110.2	6	2672	107
6.00	5	11.0	27.8	7810	584	74	6600	164	114.0	7	2529	101
6.20	8	17.6	31.2	12496	868	118	10560	241	117.8	7	4046	162
6.40	12	26.4	34.9	18744	1367	177	15840	344	121.6	7	6069	243
6.60	22	48.4	40.4	34364	2853	324	29040	597	125.4	7	11126	445
6.80	21	46.2	39.9	32802	2756	310	27720	573	129.2	7	10620	425
7.00	12	26.4	34.9	18744	1492	177	15840	347	133.0	8	5760	230
7.20	70	99.0	45.0	70290	6182	663	59400	1182	136.8	8	33602	1344



• Prospezione sismica HVSR

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

MICROMED TROMINO ENGY

Strumento: TEP-0149/01-11

Inizio registrazione: 25/08/12 15:30:10 Fine registrazione: 25/08/12 15:50:11

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; Y+ Y- ; X+ X- ; Z+ Z- ; TRG + TRG -

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

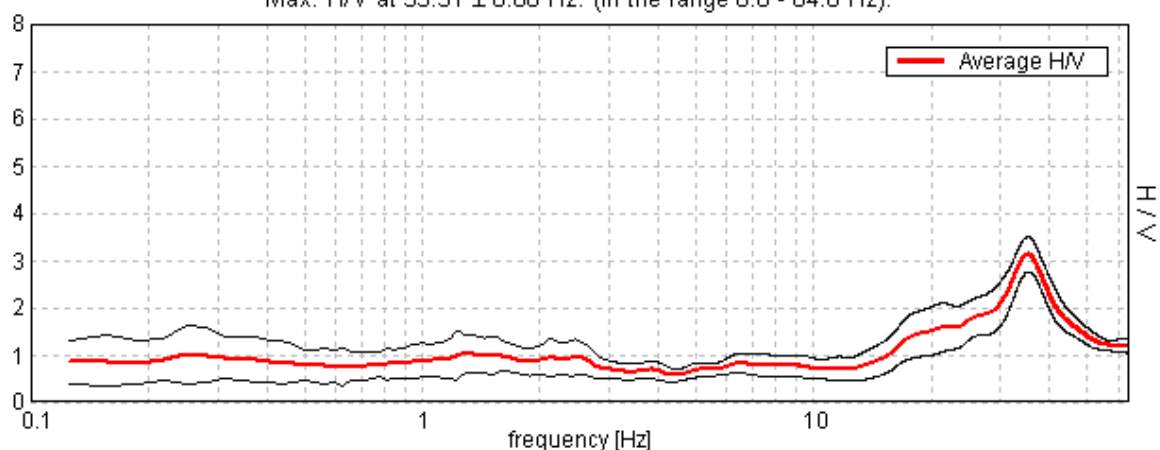
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

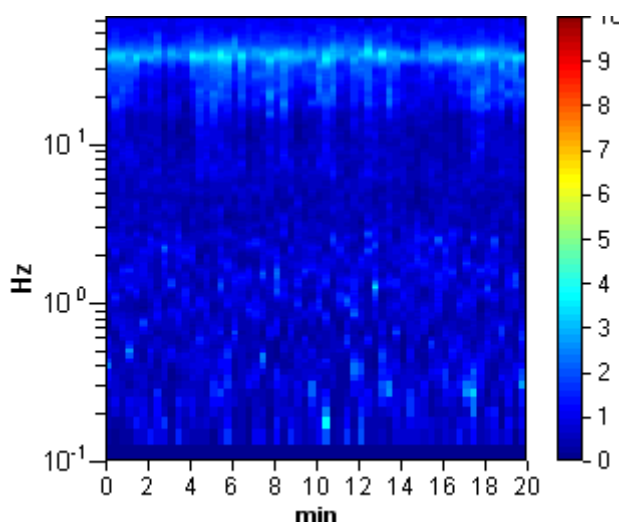
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

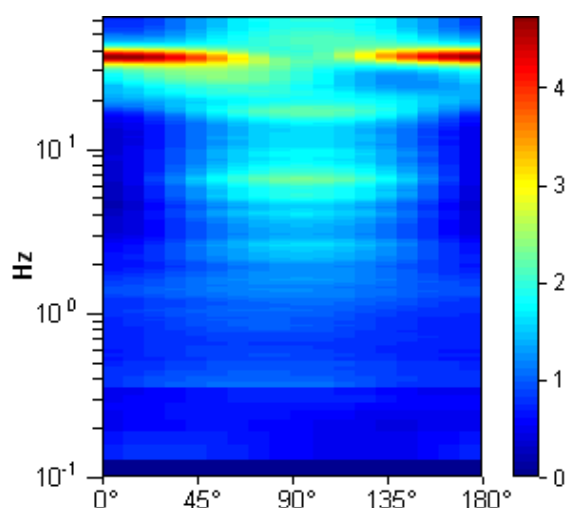
Max. H/V at 35.31 ± 0.06 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



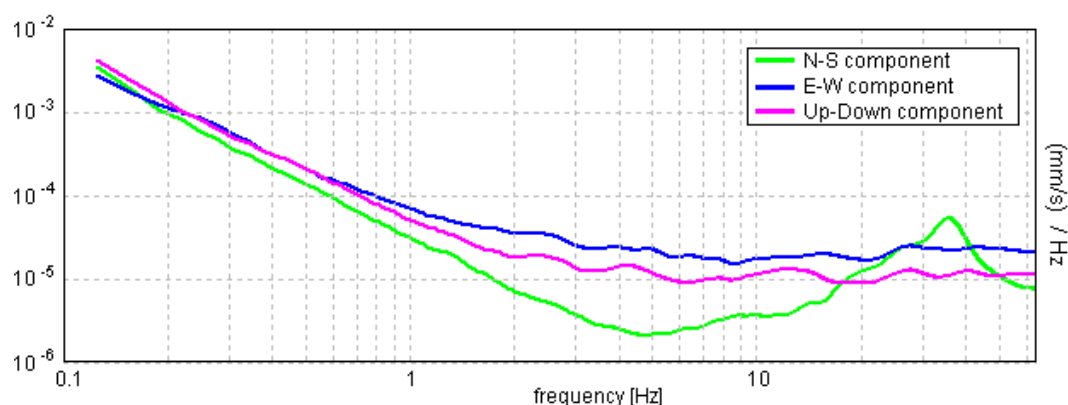
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

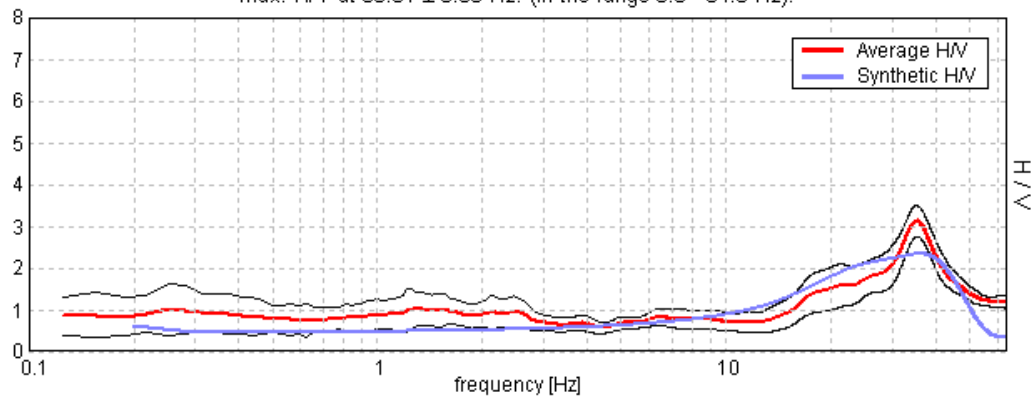


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

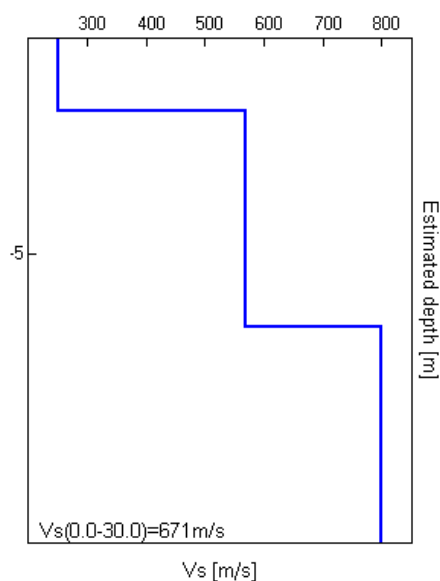


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 35.31 ± 0.06 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.70	1.70	250	0.35
6.70	5.00	570	0.35
inf.	inf.	800	0.35



$V_s(0.0-30.0)=671\text{m/s}$

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di [Grilla](#) prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 35.31 ± 0.06 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$35.31 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$42375.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1484	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	21.031 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	46.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.12 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00078 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02746 < 1.76563$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1825 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

<i>Domanda</i>	n. 037
<i>Richiedente</i>	Ferrari Don Luigi
<i>Foglio</i>	55
<i>Mappali</i>	23
<i>Tavola PRG</i>	5.6

RICHIESTA DI VARIANTE AL PRG DEL COMUNE DI FRASSINORO IN LOCALITA' MADONNA DI PIETRAVOLTA



RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Committente:

PARROCCHIA DI SANTA LUCIA V.e M.
Via Fontanaluccia,18
FRASSINORO (MO)

Il tecnico incaricato
Geol. PATRIZIA TINCANI

Villa Minozzo, lì agosto 2012

INDICE

PREMESSA.....	3
ASPETTI TECNICI DELLA VARIANTE	4
1.RELAZIONE GEOLOGICA	7
1.1 - LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO.....	7
1.2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	8
1.3 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	10
1.4 - INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFIA.....	11
1.5 - MODELLO GEOLOGICO LOCALE.....	12
2. RELAZIONE SISMICA.....	15
2.1 - GENERALITA' E ASPETTI NORMATIVI	15
2.2 - CENNI DI SISMOLOGIA.....	15
2.3 - MICROZONAZIONE SISMICA.....	17
2.3.1 - PROFILO DI VS E DETERMINAZIONE DI Vs30	18
2.3.2 - DETERMINAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE.....	20
2.3.3 - EFFETTI DELLA TOPOGRAFIA.....	21
2.3.4 - SPETTRO DI RISPOSTA	21
3. CONCLUSIONI	22
ALLEGATO 1:.....	23
INDAGINE SISMICA.....	23

PREMESSA

Il presente lavoro riguarda la caratterizzazione geologica e sismica di un terreno ubicato in località Madonna di Pietravolta (comune di Frassinoro, MO), ai fini della richiesta di variante al PRG del comune di Frassinoro prot. n° 4587 del 28/12/2011.

La caratterizzazione geologica e geomorfologica del sito è avvenuta tramite un rilievo di superficie, in scala 1:5.000, integrato dall'esame della bibliografia e dalle conoscenze geologiche generali dell'area in studio derivanti dalla pratica professionale.

Per la caratterizzazione sismica del terreno si è invece fatto riferimento ai risultati di una campagna di indagini in sito, basata su indagini geofisiche e prove penetrometriche.

La presente relazione è stata redatta in conformità alle vigenti normative in materia urbanistica, di difesa del suolo e sismica ed in particolare:

- OPCM n° 3274/2003 e sm (zona sismica 2);
- R.D.L. n. 3267 del 30.12.1923 in materia di vincolo idrogeologico e Direttiva Regionale n° 1117/2000;
- D.M. LL.PP. 11.03.88;
- D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" e Circolare Consiglio Superiore Lavori Pubblici n° 617 del 02/02/2009 "Istruzione per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14/01/2009";
- Delibera assemblea legislativa RER n° 112 del 02/05/2007.

ASPETTI TECNICI DELLA VARIANTE

L'area di variante è classificata nel PRG del comune di Frassinoro, approvato con delibera di G.P. n° 443 del 28/10/2003 come zona per attrezzature scolastiche, religiose e di interesse comune.

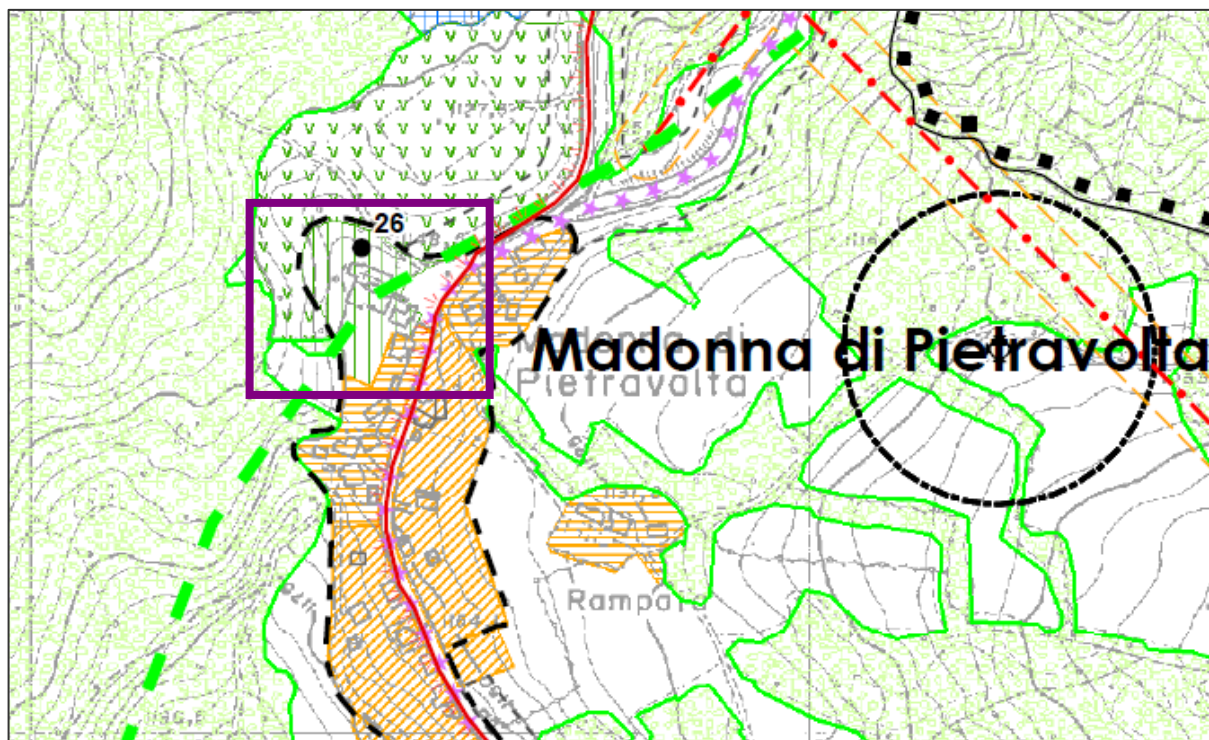


Figura 1: Stralcio PRG vigente del comune di Frassinoro (tav. 2)

Con la variante si richiede la possibilità di realizzare un ampliamento del complesso degli edifici costituenti il Santuario della Beata Vergine di Pietravolta in particolare degli spazi utilizzati come convento, casa di preghiera e luogo per ritiri ed esercizi spirituali.

Per quanto riguarda gli eventuali vincoli normativi si è fatto riferimento al PTCP della provincia di Modena da cui si ricava la presenza di un crinale spartiacque principale (fig. 2) in prossimità dell'area di variante. Non si hanno invece vincoli di altra natura (dissesto, bosco, beni culturali e paesaggistici).

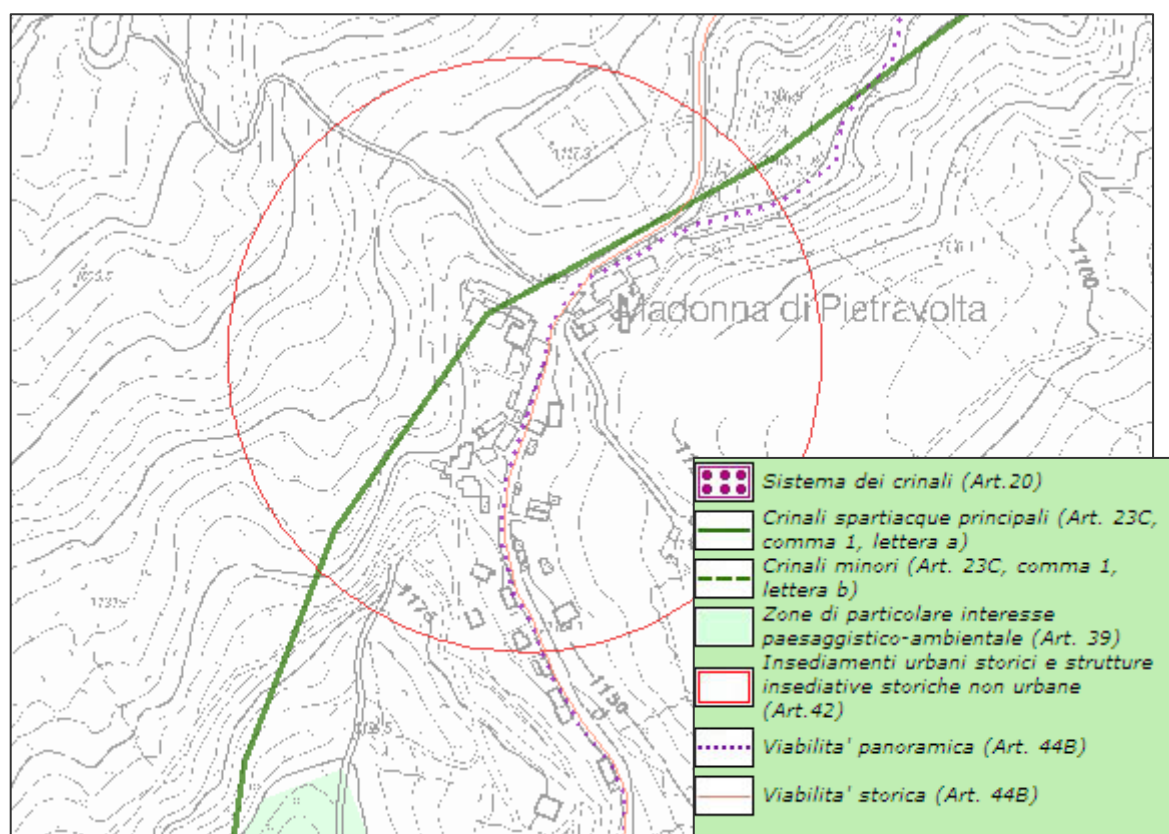


Figura 2: Estratto PTCP MO “Carta 1.1-Tutela paesaggistica e storico culturale”

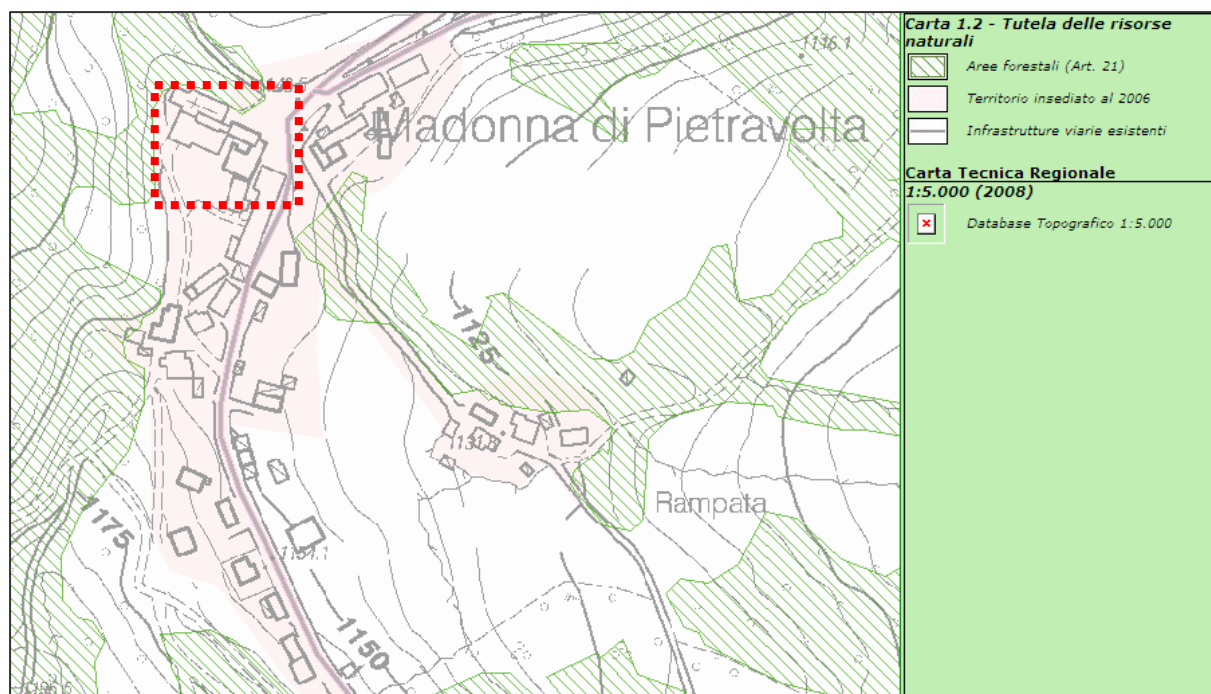


Figura 3: Estratto PTCP MO “Carta 1.2-Tutela delle risorse naturali”



Figura 4: Estratto PTCP MO "Tavola 7-Beni culturali e paesaggistici"

1.RELAZIONE GEOLOGICA

1.1 - LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

L'area interessata dalla variante si trova in comune di Frassinoro (MO), località Madonna di Pietravolta, ad una quota di circa 1150 m s.l.m.

La variante riguarda la zona del santuario, posto all'estremità NW dell'abitato, interessando un'area attualmente utilizzata come parcheggio e cortile.

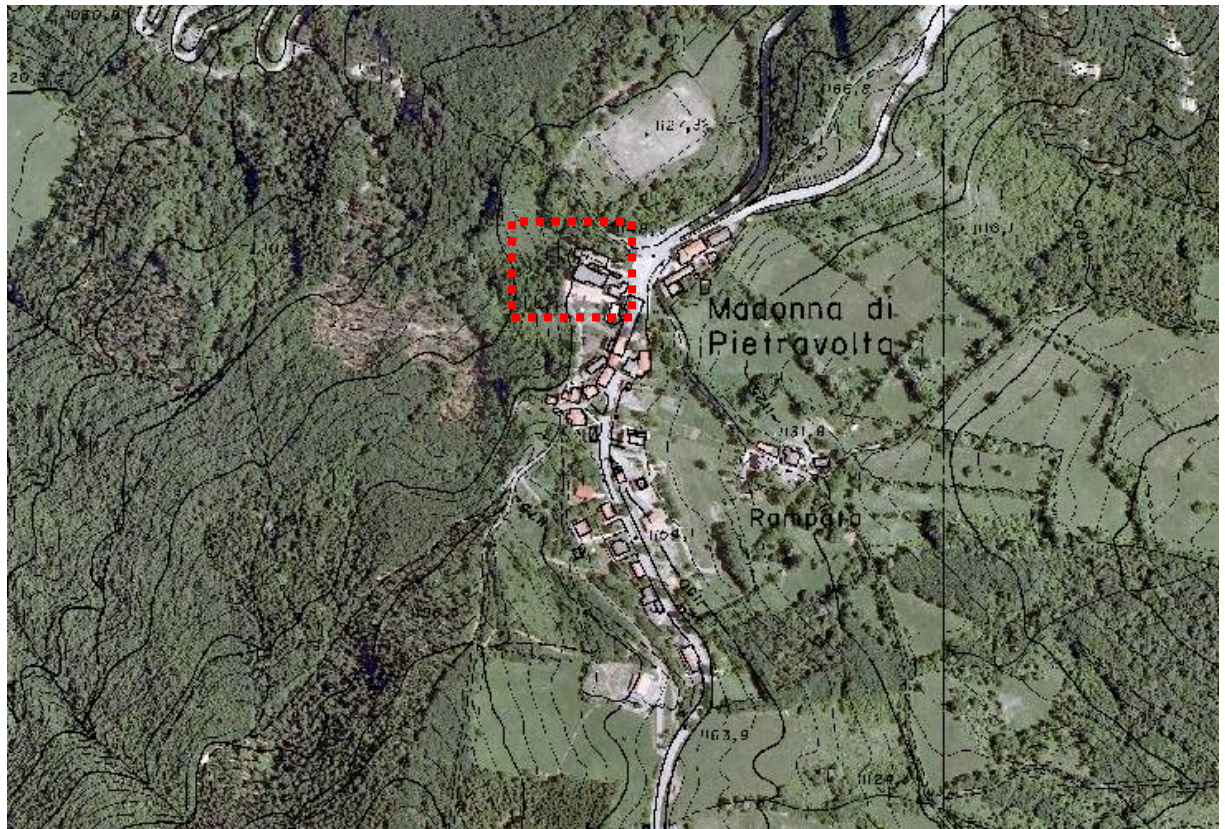


Figura 5: Localizzazione dell'area di variante su sovrapposizione ortofoto AGEA - CTR

Dal punto di vista cartografico l'area è contenuta nei seguenti elaborati:

Cartografia R.E.R.

- Foglio n° 235 denominato "Pievepelago" (scala 1:50.000)
- Tavola n° 235 SE denominata "Pievepelago" (scala 1:25.000)
- Sezione n° 235110 denominata "Frassinoro" (scala 1:10.000)
- Elemento n° 235113 denominato "Fontanaluccia" (scala 1:5.000).

Cartografia catastale

- Foglio n° 55
- Mappali n° A, B, 23, 25, 58

Cartografia tematica

- Carta geologica d'Italia, foglio n°235 (scala 1:50.000)
- Carta geologica regionale, tavola n° 235 SE (scala 1:25.000)
- Carta dell'inventario del dissesto: tavola n° 235SE (scala 1:25.000)

1.2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

I principali caratteri geologici dell'area sono stati essenzialmente ricavati da un rilevamento geologico di superficie eseguito sull'elemento n° 235113, alla scala 1:5.000, integrato dall'esame della bibliografia disponibile.

Le caratteristiche geologico strutturali della zona in esame possono essere ricondotte a quelle che caratterizzano in generale l'alto appennino reggiano-modenese: questo tratto di catena è caratterizzato da una struttura a falde sovrapposte, costituite dalle Unità dei flysch arenacei terziari.

In prossimità di Madonna di Pietravolta si verifica il sovrascorrimento tra l'Unità Cervarola e l'Unità Modino (sotto Unità Ventasso – cfr Unità Sestola Vidiaciatico). All'interno di quest'ultima, che si estende su un'area piuttosto vasta, avvengono dei sovrascorrimenti minori con formazione di scaglie tettoniche. Nei pressi dell'abitato e del santuario avviene il contatto, tettonico, tra il Flysch dell'Abetina Reale e la formazione del Fosso della Cà. Quest'ultimo, sempre con contatto tettonico, appoggia sulle Marne di Marmoreto.

Il **Flysch dell'Abetina Reale (ABT)** è costituito da torbiditi a base calcilutitica o calcarenitica grigia, passanti a marne calcaree biancastre, in strati da spessi a molto spessi, localmente plurimetrici, alternate a torbiditi a base arenitica fine e siltitica e tetto argilloso grigio-scuro in strati sottili e medi.

La **Formazione del Fosso della Cà (AFC)** è invece formata da alternanze di torbiditi arenaceo-pelitiche e marnoso-pelitiche in strati sottili e di brecce poligeniche (clasti di basalti, serpentiniti, calcari, argilliti selci e diaspri), in banchi spessi fino a qualche metro, intercalate a peliti grigio scure o nerastre manganesifere.

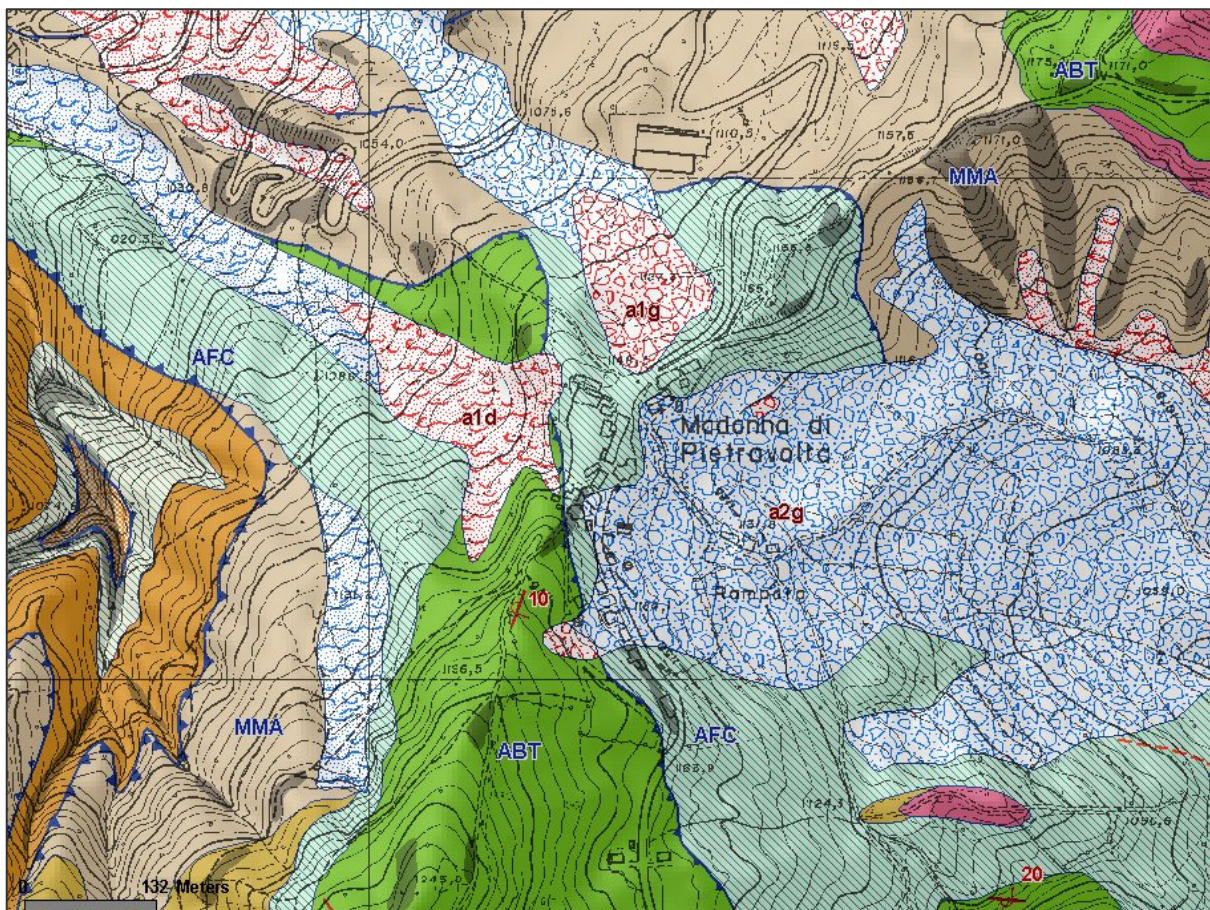
Le **Marne di Marmoreto (MMA)** sono formate da marne, marne siltose e marne calcaree, grigie, a stratificazione mal visibile con rare intercalazioni di siltiti ed arenarie fini grigio-chiare, giallastre per alterazione, anche di origine vulcanoclastica.

La zona è caratterizzata da una notevole complessità strutturale, con forte tettonizzazione delle formazioni e conseguenze anche sulla stabilità dei versanti. La franosità è molto elevata sia nella zona di Pietravolta che su entrambi i versanti del M. Modino di Frassinoro.

Buona parte dell'abitato risente degli effetti di un vasto movimento franoso che coinvolge il versante orientale, con lesioni a numerosi edifici e problematiche alla viabilità. Frane attive sono segnalate anche sul versante opposto, interessando soprattutto terreni boscati e prati.

Il terreno interessato dalla variante si trova su un substrato costituito dalla formazione del Fosso della Cà ritenuto poco profondo. Esso è costituito da un'argillite marnosa, sovraconsolidata e fessurata, contenente "pacchi" di materiale lapideo di varia natura (arenarie, brecce ofiolitiche, calcari).

A valle del santuario, in corrispondenza di una scarpata verticale, affiorano, alla base, delle argilliti nerastre, sovraconsolidate e fessurate, con, a tetto, delle arenarie grigie, stratificate. Procedendo invece verso SW, lungo il crinale, alle argilliti si succedono delle brecce ofiolitiche.



1.3 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Madonna di Pietravolta si trova nell'alto Appennino Modenese, ad una quota di circa 1150 m. Si tratta di una zona piuttosto complessa dal punto di vista geologico-strutturale, con numerose dislocazioni tettoniche che complicano i rapporti tra le formazioni.

L'abitato si sviluppa prevalentemente lungo il crinale che funge da spartiacque tra i bacini dei torrenti Dolo, a Nord, e Dragone a Sud. Il santuario (e quindi l'area di variante) sorge invece in prossimità di una dorsale secondaria, che si dirama ortogonalmente al crinale principale, in direzione SE-NW, occupando una zona pianeggiante. La morfologia attuale è comunque, almeno in parte, di origine antropica, essendo stati realizzati, in epoca non conosciuta, soprattutto all'estremità settentrionale ed orientale, dei rilevati, mentre sul lato opposto, sono stati eseguiti degli scavi.

L'area di variante è rappresentata da una superficie perfettamente pianeggiante, di origine antropica. Verso valle (direzione W-NW) è delimitata da una ripida scarpata, di origine strutturale (anche se probabilmente rimodellata da successivi fenomeni gravitativi), mentre a monte (direzione SW) è confinata da una piccola scarpata di scavo, che raccorda la superficie del piazzale con il sovrastante versante. Quest'ultimo, corrispondente al crinale che porta al M. Roncadello, è caratterizzato da un primo tratto ad acclività moderata, dove si è sviluppato in parte l'abitato, a cui fa seguito un aumento consistente della pendenza, con valori medi che si assestano intorno al 25%.

In direzione Nord, a valle del santuario, è probabile l'esistenza di riporti, il cui spessore è comunque ritenuto moderato (1-2 m).

Per quanto riguarda la stabilità, l'area di Madonna di Pietravolta è contraddistinta da un'elevata franosità, con fenomeni sia attivi che quiescenti. L'abitato è delimitato su entrambi i versanti da scarpate che costituiscono i coronamenti di vecchie frane.

Sul versante settentrionale si riconosce un ampio coronamento, non attivo, a monte del locale campo sportivo; a valle del santuario si trova una scarpata subverticale, da cui si ha il crollo di blocchi e più a valle si è attivata (2009) una frana con coronamento nei pressi di quota 1040 m. Si tratta di fenomeni che avvengono in una zona piuttosto distante dal santuario e pertanto ritenuti non rischiosi ai fini della stabilità dei sovrastanti edifici.

Altri movimenti minori sono stati osservati sulla scarpata ad Est, in direzione del campo sportivo, dove gli alberi, nelle due file più esterne, sono visibilmente inclinati verso valle. Si ritiene che siano collegati a movimenti superficiali dovuti sia all'assestamento dei riporti che all'assenza di opere di sostegno al piede della scarpata.

Molto più gravi sono le condizioni di stabilità lungo il versante meridionale dell'abitato (opposto alla zona in studio) dove si trova una frana che coinvolge al coronamento molti edifici, con quadri fessurativi anche gravi. Tra questi si trova un piccolo fabbricato, sempre appartenente al complesso del santuario, situato però in condizioni geologiche e morfologiche differenti rispetto sia a quelle della zona esaminata che al santuario. Esso presenta, come altri vicini fabbricati, diverse lesioni che possono essere collegate al movimento franoso in atto sul sottostante versante.

Altre problematiche locali, di natura ancora diversa, si osservano lungo l'abside e le due cappelle laterali del santuario dove ci sono delle lesioni: in questo caso si ritiene siano causate dalle specifiche caratteristiche del terreno di fondazione; è infatti probabile che questa parte del santuario sia fondato su sia materiale di riporto al cui interno si sarebbero verificati fenomeni di addensamento e consolidazione.

Per quanto riguarda la zona di variante non si rilevano problematiche particolari: né di tipo locale né riguardo il pendio. La morfologia attuale è stata ottenuta tramite lavori di scavo, visto che la quota originaria del terreno era più alta di almeno 2-3 metri rispetto a quella attuale. Sul piazzale e sulla strada che sale verso il crinale non si osservano forme riconducibili a frane in atto e la vicina scarpata, ritenuta di origine strutturale (anche se non è possibile escludere un successivo rimodellamento ad opera di fenomeni di tipo gravitativo) è al momento fissata.

La situazione sopra descritta è ben illustrata nella carta del dissesto allegato al PTCP della provincia di Modena da cui si ricava come la zona di variante non sia coinvolta da fenomeni franosi (zona bianca).

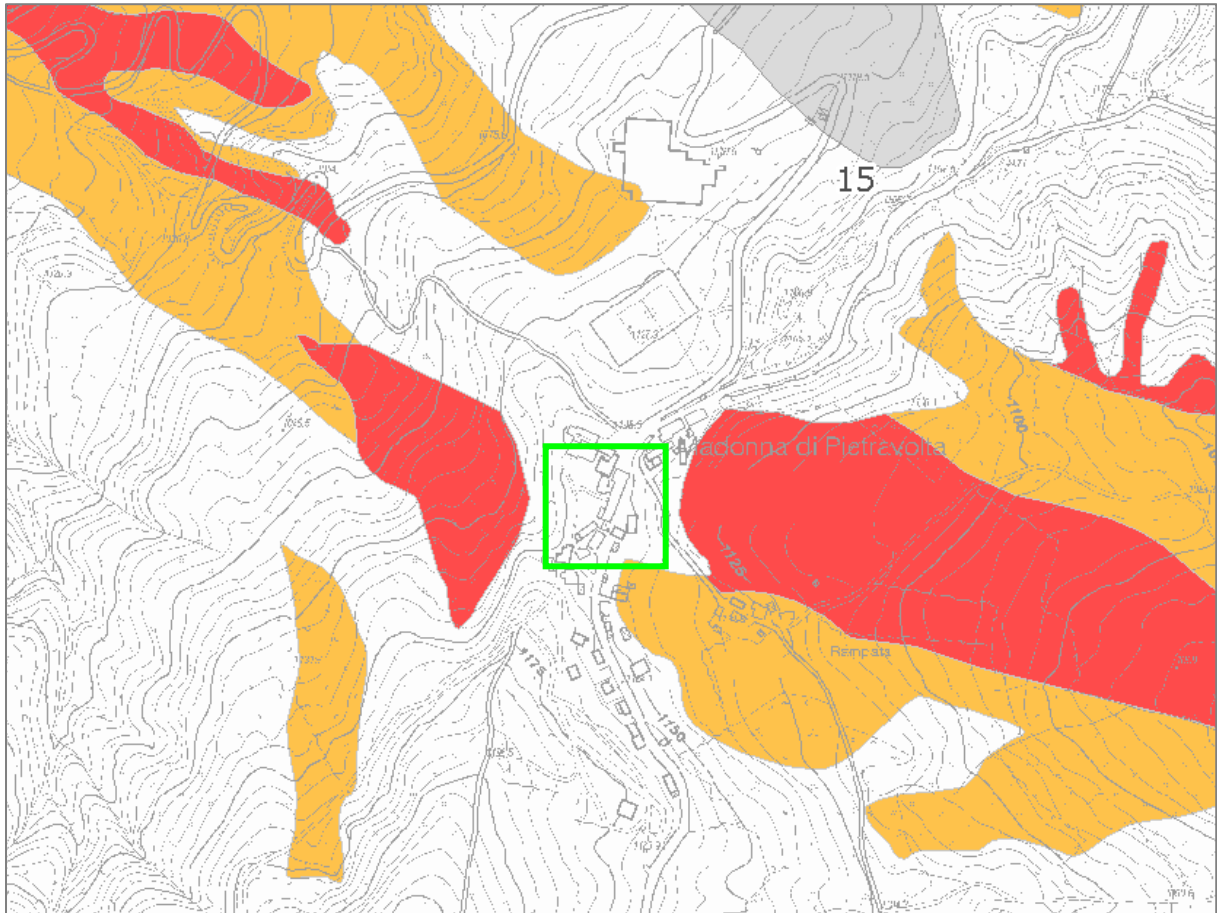


Figura 7: Estratto carta del dissesto PTCP MO

1.4 - INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFIA

Madonna di Pietravolta si colloca lungo un crinale che forma lo spartiacque tra i bacini del Torrente Dolo, a Nord, e quello del Torrente Dragone, a Sud, entrambi affluenti del fiume Secchia. Tra i corsi d'acqua minori i più importanti sono il Rio Grande Fossore a Nord e il Rio Sanguinario a Sud-Est.

L'area in studio si ritiene appartenga al bacino del T. Dolo anche se le modificazioni morfologiche di tipo antropico possono avere apportato variazioni alla direzione di scolo delle acque di superficie.

Nei pressi della località in studio non esistono corsi d'acqua superficiali.

Per quanto riguarda l'idrogeologia non sono note sorgenti nei pressi della zona in studio ma è nota la presenza, anche abbondante, di acqua in profondità, con falde (anche in pressione) a partire dai 4-5 m di profondità

All'interno dell'area esaminata non sono state individuate emergenze o zone a drenaggio difficoltoso.

1.5 - MODELLO GEOLOGICO LOCALE

Per la definizione del modello geologico locale si è fatto riferimento ad indagini esistenti: in particolare a prove penetrometriche realizzate in prossimità del santuario nel 2005 e alla campagna di indagini (sondaggi, prove di laboratorio su campioni indisturbati e indagini sismiche) condotta dalla Provincia di Modena¹ per il consolidamento della strada provinciale. Sono stati in particolare esaminati i risultati delle indagini più vicine al terreno in esame (sondaggi Pietra_04 e Pietra_05 e stendimento sismico 3).

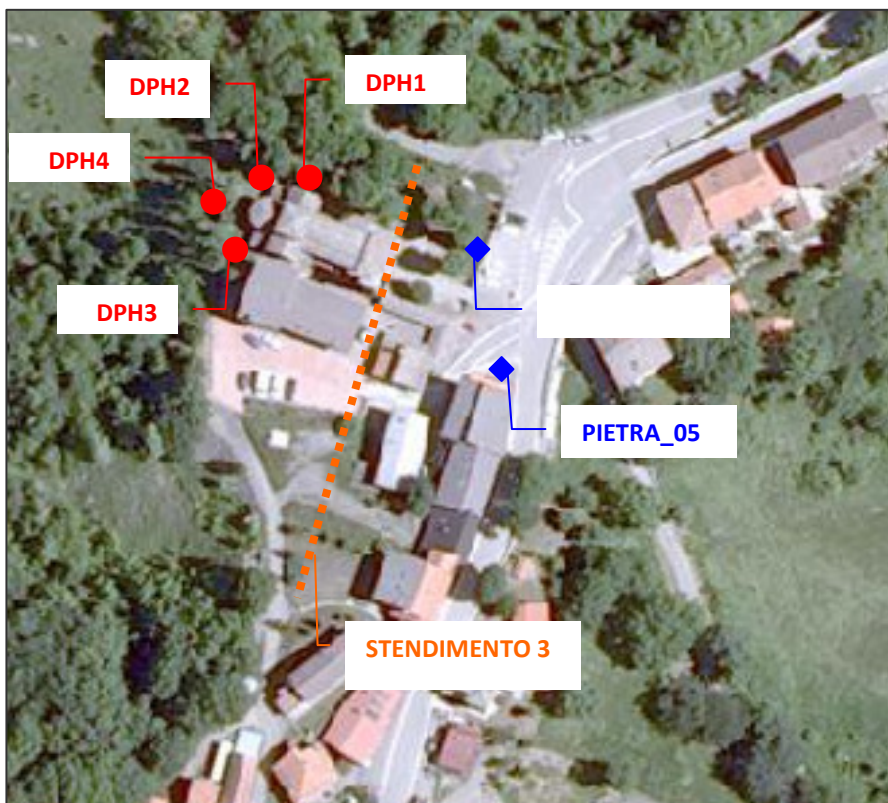


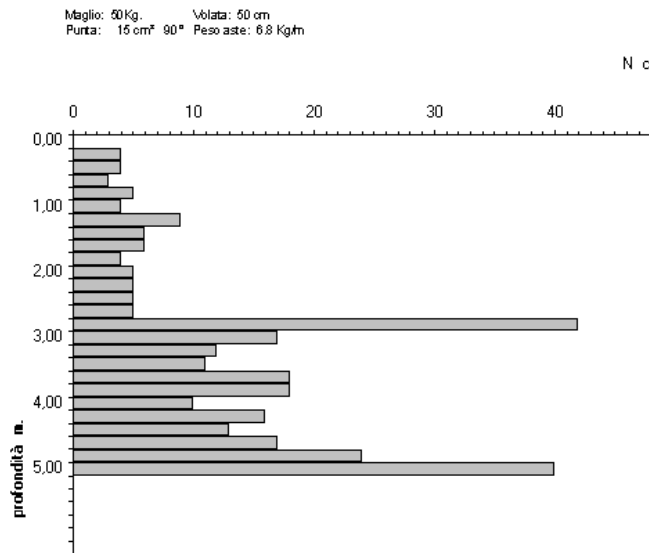
Figura 8: Ubicazione indagini esaminate

Dai carotaggi si identifica un substrato locale costituito da argilliti marnose sovraconsolidate e fessurate, con rari inclusi lapidei. Il substrato è ricoperto da materiale detritico di spessore e caratteristiche differenti: nel sondaggio 4 lo spessore è moderato (3,20 m) e la copertura è costituita da detrito di riporto (ciottoli marnosi e siltosi in matrice marnoso argillosa). Nel 5 la copertura detritica è più spessa: fino a 8,70 m si può identificare la copertura s.s. mentre tra 8,70 e 14,20 m si passa presumibilmente al substrato alterato. Quest'ultimo sondaggio si trova comunque già all'interno della zona di influenza del movimento franoso, come si ricava sia dalle lesioni agli edifici più vicini che dagli abbassamenti registrati nella sede stradale e confermati dagli 80 cm di asfalto carotati dal sondaggio.

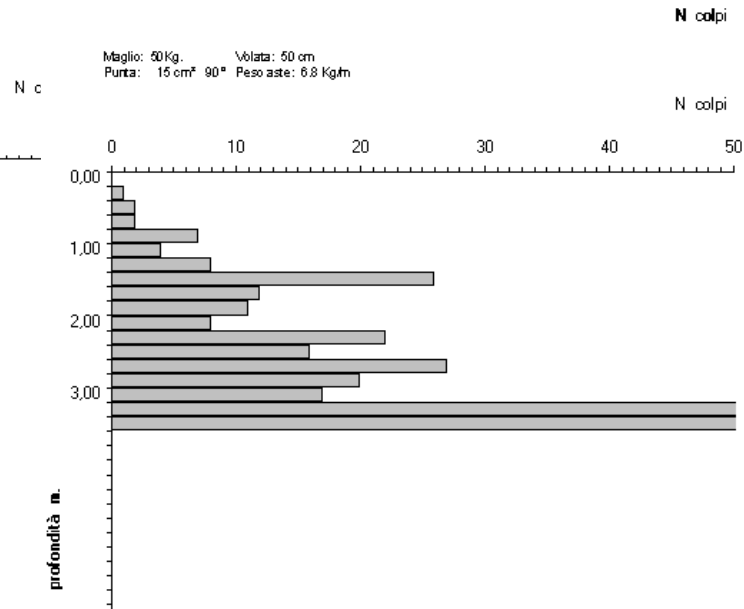
Per quanto riguarda le prove penetrometriche anch'esse mostrano una profondità di rifiuto piuttosto variabile (da 2,2 m DPH3 a 5,2 m nella DPH 1) ed anche i valori di resistenza, soprattutto della parte più superficiale, sono disomogenei. Nelle prove 1 e 2 si identifica una copertura poco addensata il cui spessore varia rispettivamente tra 2,60 m e 2,00 m. Oltrepassato questo strato (assente nelle altre prove) si verifica un aumento progressivo della resistenza alla penetrazione fino al rifiuto.

¹ PROVINCIA DI MODENA, AREA LAVORI PUBBLICI, SERVIZIO GEOLOGICO (2008): "Piano degli interventi urgenti di messa in sicurezza del territorio dei comuni di Frassinoro e Montefiorino (MO) - O.P.C.M. 3510/2006 - Seconda rimodulazione. Lavori per interventi di consolidamento della s.p. 32, nella parte sommitale del versante, primo stralcio e interventi di drenaggio e indagini geognostiche sul versante del torrente Dragone in località Madonna di Pietravolta in comune di Frassinoro (Mo)".

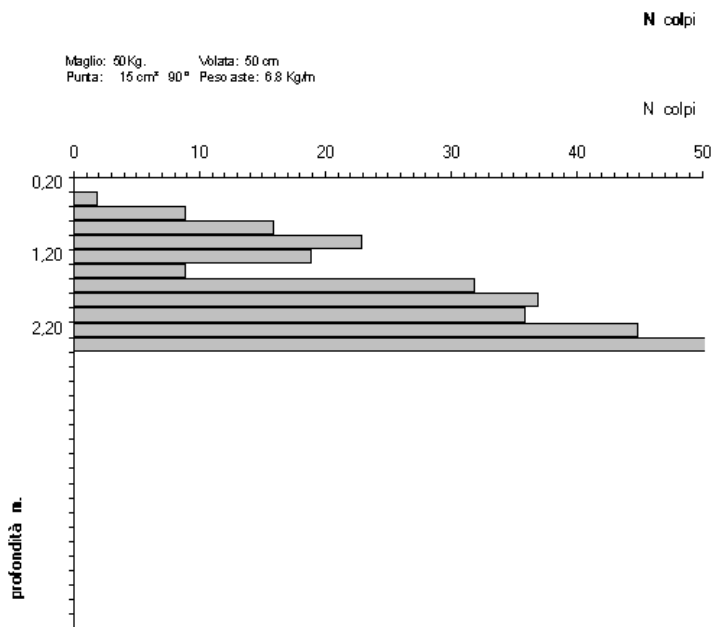
CPT S.n.c. Salsomaggiore T.
PENETROMETRO DINAMICO PESANTE "PAGANI"
Committente: SANTUARIO DI PIETRAVOLTA
Cantiere: MADONNA DI PIETRAVOLTA
Prova: 1



CPT S.n.c. Salsomaggiore T.
PENETROMETRO DINAMICO PESANTE "PAGANI"
Committente: SANTUARIO DI PIETRAVOLTA
Cantiere: MADONNA DI PIETRAVOLTA
Prova: 2



CPT S.n.c. Salsomaggiore T.
PENETROMETRO DINAMICO PESANTE "PAGANI"
Committente: SANTUARIO DI PIETRAVOLTA
Cantiere: MADONNA DI PIETRAVOLTA
Prova: 3



CPT S.n.c. Salsomaggiore T.
PENETROMETRO DINAMICO PESANTE "PAGANI"
Committente: SANTUARIO DI PIETRAVOLTA
Cantiere: MADONNA DI PIETRAVOLTA
Prova: 4

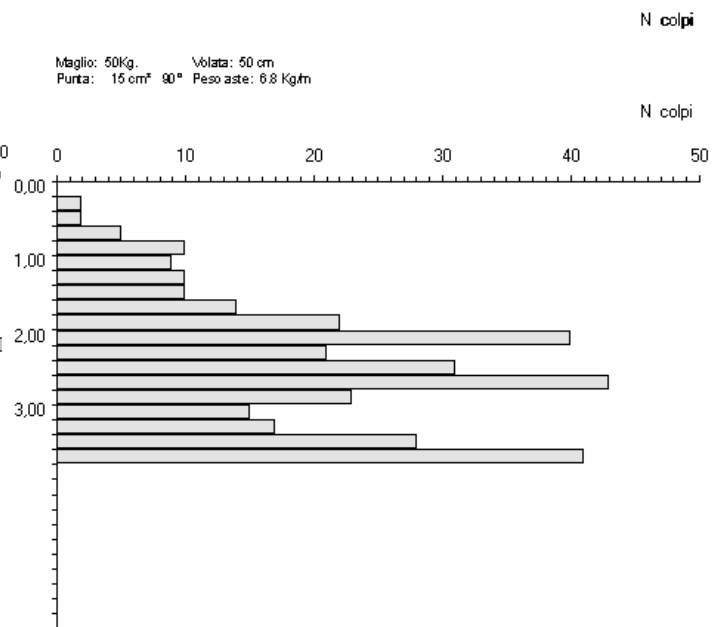


Figura 9: Diagrammi prove penetrometriche

Nella sezione sismica si trova una chiara correlazione con i dati delle penetrometrie e del carotaggio. E' infatti evidente (fig. 9 colore magenta) il riporto che forma la parte orientale del cortile del santuario (sondaggio 4, DPH1 e 2).

In superficie si trova la copertura detritica naturale contraddistinta da $V_p \approx 800$ m/s). Essa poggia su materiale più compatto ($V_p \approx 1800$ m/s) presumibilmente costituito dal substrato alterato o maggiormente fratturato.

Più in profondità si passa al substrato rigido, identificato da valori di $V_p > 2200$ m/s.

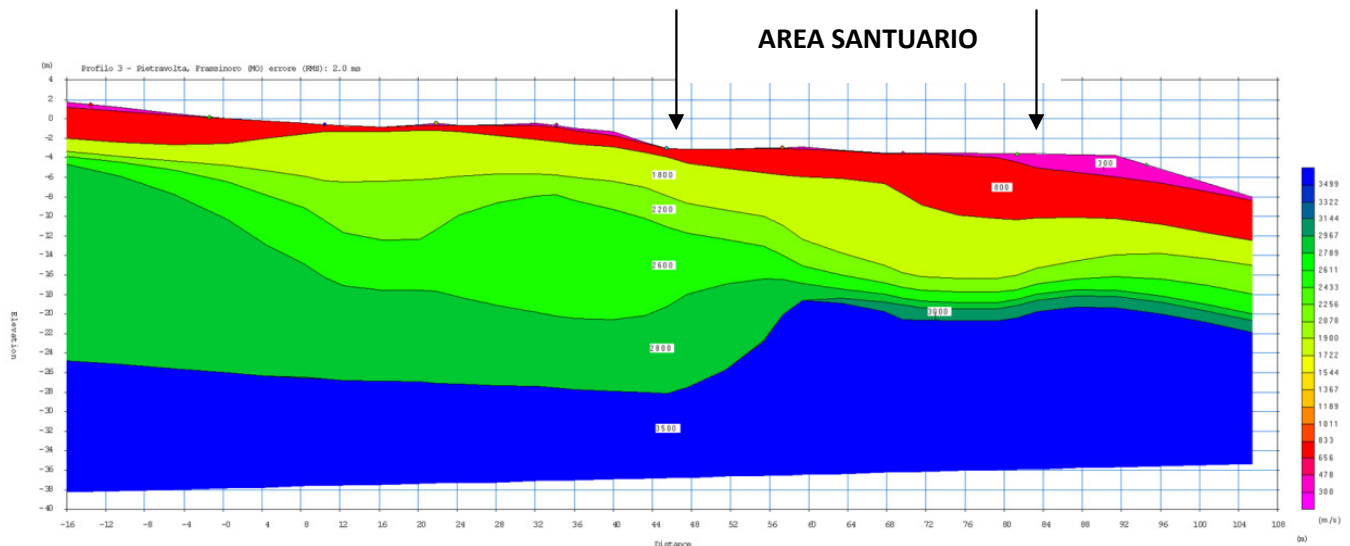


Figura 10: Tomografia sismica (stendimento sismico n°3)

Si nota (nella zona del santuario) il progressivo aumento di spessore degli strati più superficiali procedendo da monte verso valle. La diversa geometria dei sismostrati potrebbe essere correlata anche a variazioni di tipo litologico all'interno del substrato o a differenti condizioni dello stato di fratturazione all'interno degli ammassi rocciosi.

Nell'area di variante si identifica pertanto il seguente modello geologico:

- 1) **strato detritico superficiale** (da 0,00 a 2,00 ÷ 3,00 m);
- 2) **substrato alterato** (da 2,00 ÷ 3,00 a 5,00 m);
- 3) **substrato** (da 5,00 m a ?)

2. RELAZIONE SISMICA

2.1 - GENERALITÀ E ASPETTI NORMATIVI

La Regione Emilia Romagna con atto n° 112 del 2/05/2007 ha approvato il documento d'indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16 c.1 della LR 20/2000, in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". Tale documento fornisce i criteri per affrontare gli studi che definiscono il rischio sismico delle nuove previsioni urbanistiche, tramite l'individuazione della pericolosità sismica locale, che dipende sia dalle caratteristiche sismiche dell'area che da quelle geologiche e geomorfologiche. E' infatti dimostrato che il moto sismico in superficie può subire delle modificazioni dovute alle condizioni locali, dando luogo ad effetti diversi a seconda delle caratteristiche del sito (risposta sismica locale).

Gli atti di indirizzo prevedono inoltre che gli studi di risposta sismica locale e microzonazione possano essere condotti secondo diversi livelli di approfondimento, che variano a seconda delle finalità e degli scenari di pericolosità locali. In particolare vengono identificate due fasi di analisi: nella prima (1° livello di approfondimento), derivante essenzialmente dall'analisi dei dati bibliografici, vengono identificate le aree potenzialmente soggette ad effetti locali, su cui vengono poi eseguiti gli approfondimenti del secondo livello (2^a fase). Quest'ultimo può consistere in un'analisi di tipo semplificato (2° livello) o più approfondita (3° livello), a seconda delle condizioni morfologiche e geologiche locali.

Il 2° livello è ritenuto sufficiente in aree pianeggianti e sub-pianeggianti e su versanti stabili con acclività ≤15°, con coperture detritiche superficiali di spessore costante.

Il 3° livello è invece richiesto nei seguenti casi:

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;
- aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile;
- aree in cui è prevista la costruzione di opere di rilevante interesse pubblico.

Il livello di approfondimento da raggiungere nel caso in esame è stabilito sulla base delle caratteristiche morfologiche del sito e delle cartografie relative rischio sismico allegate al PTCP della provincia di Modena.

2.2 - CENNI DI SISMOLOGIA

L'Emilia-Romagna si trova in un settore della catena appenninica esterna che è caratterizzato da una sismicità frequente, che può essere definita media in relazione alla sismicità nazionale, con ipocentri dei terremoti localizzati non solo nella crosta superiore ma anche nel mantello.

La sismicità della provincia di Modena, in particolare, è legata alla presenza di specifiche strutture sismogenetiche, che possono essere ricondotte ai seguenti sistemi principali:

- dorsale ferrarese (bassa pianura)
- margine appenninico padano (alta pianura – collina)
- appennino
- Garfagnana (crinale)

Esaminando la storia sismica del comune di Frassinoro² (tabella 1) si osserva come la zona sia interessata da una sismicità piuttosto frequente, con eventi collegati alle diverse strutture sismogenetiche: il terremoto più intenso che ha interessato il territorio comunale è quello del 7 settembre 1920, di intensità al sito pari a 7 (intensità ipocentrale 9-10), magnitudo 6,48 ed epicentro in Garfagnana. Si tratta dell'evento probabilmente più forte registrato in questa zona, che in questa zona di crinale ha determinato danneggiamenti anche gravi, documentati ad esempio nel vicino abitato di Piandelagotti.

Tabella 1: Storia sismica del comune di Frassinoro

Storia sismica di Frassinoro [44.295, 10.573]



Numero di eventi: 14

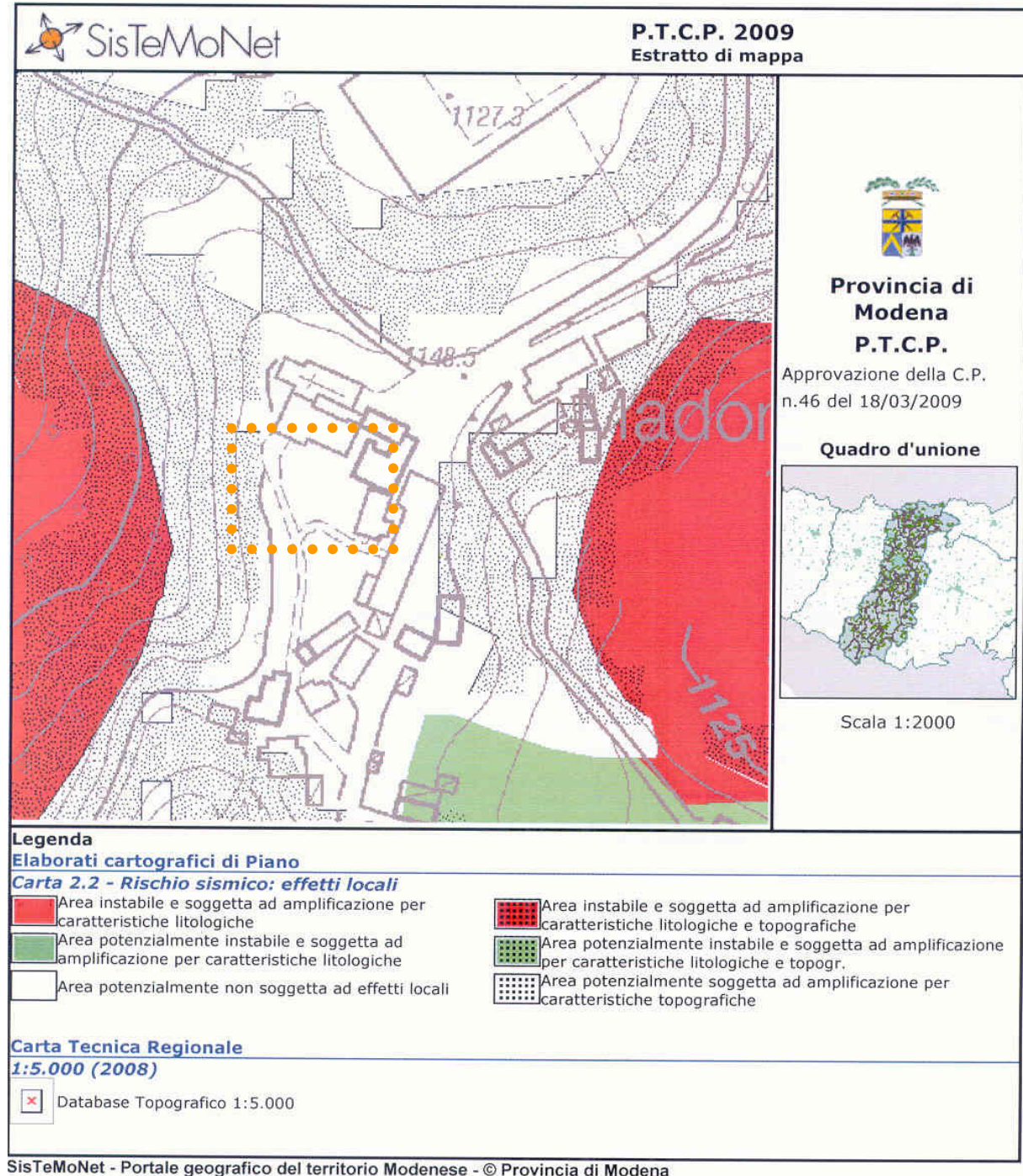
Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
3-4	1898	03	04			CALESTANO	260	7	5.07
3	1899	06	26	23	17	Valle del Bisenzio	134	7	5.09
NF	1911	09	13	22	29	CHIANTI	103	7-8	5.14
7	1920	09	07	05	55	Garfagnana	638	10	6.48
4-5	1925	03	15	17	15	FRASSINORO	16	4-5	4.65
3	1929	04	20	01	09	Bolognese	628	8	5.55
2-3	1931	06	10	17	02	MODENESE	14	4	4.84
4	1965	11	09	15	35	ALTA V. SECCHIA	32	5	5.01
4	1983	11	09	16	29	Parmense	835	7	5.10
5	1985	01	23	10	10	GARFAGNANA	73	6	4.69
NF	1986	12	06	17	07	BONDENO	604	6	4.56
NF	1987	05	02	20	43	REGGIANO	802	6	5.05
3-4	1995	10	10	06	54	LUNIGIANA	341	7	5.04
3-4	1999	07	07	17	16	FRIGNANO	32	5-6	4.73

² STUCCHI ET ALII. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.

2.3 - MICROZONAZIONE SISMICA

Per il comune di Frassinoro il 1° livello di approfondimento può essere rappresentato dalle carte del rischio sismico allegate al PTCP della provincia di Modena.

Figura 11: Estratto di carta del rischio sismico: effetti locali (PTCP Modena)



Dall'esame di tale documento si ricava che, per l'area compresa nella variante, non sono attesi effetti locali.

Per queste zone ("area potenzialmente non soggetta ad effetti locali") il PTCP (art. 14 comma 3 p.to 9) prevede l'esecuzione di indagini per caratterizzare il valore di Vs30; in caso $Vs30 \geq 800$ m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso $Vs30 < 800$ m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico ed una valutazione degli effetti della topografia.

2.3.1 - Profilo di Vs e determinazione di Vs30

Come richiesto dalle norme di PTCP è stata eseguita un'indagine geofisica per la determinazione della profondità del bedrock sismico ($Vs > 800$ m/s) e la definizione del profilo di velocità delle onde S, al fine di ricavare il valore di Vs30.

Per definire il profilo di velocità delle onde di taglio (onde S) del terreno in studio è stata eseguita una prospezione sismica a rifrazione, con acquisizione tipo MASW. La misura è stata eseguita dalla ditta CPT snc di Fidenza (PR) tramite uno stendimento sismico a 24 geofoni, equidistanti 2 m.



Figura 12: Ubicazione stendimento MASW

Dall'elaborazione MASW si ottiene il profilo delle onde di taglio riportato in tab.2.

Tabella 2: Profilo di velocità delle onde di taglio

Profondità del tetto dello strato (m)	Spessore strato (m)	Vs (m/s)
1,99	1,99	285
5,94	3,95	480
30,00	24,06	998

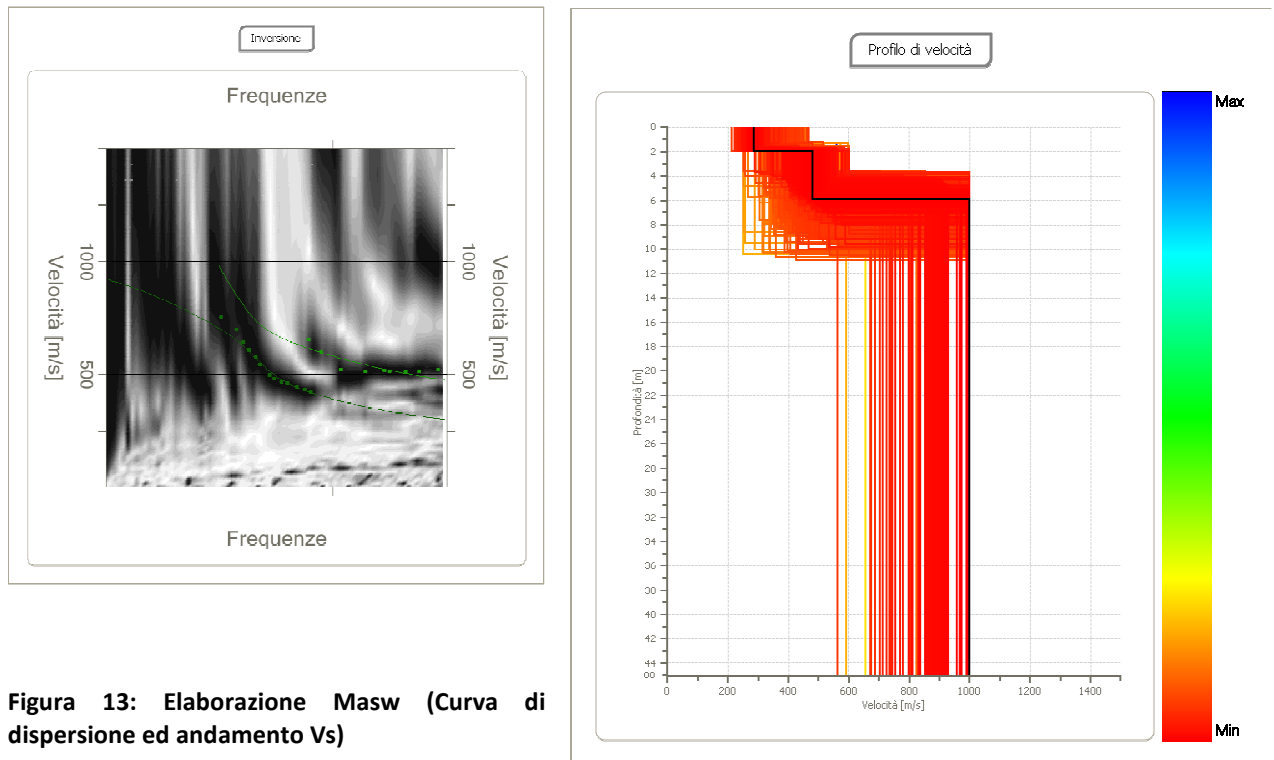


Figura 13: Elaborazione Masw (Curva di dispersione ed andamento Vs)

Il valore della velocità equivalente nei primi 30 metri di profondità ($V_{s,30}$) è:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} = 763 \text{ m/s}$$

mentre il bedrock sismico, identificato da $V_s > 800 \text{ m/s}$, si trova a circa 6 m di profondità.

Si è pertanto ottenuto un valore di $V_{s30} < 800 \text{ m/s}$ e quindi, come richiesto dal PTCP, è necessario valutare il coefficiente di amplificazione litologico e gli effetti della topografia

2.3.2 - Determinazione del fattore di amplificazione

La determinazione dei coefficienti di amplificazione sismica, espressi sia in termini di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI0) per prefissati periodi di tempo ($0,1 < T_0 < 0,5$ s ; $0,5 < T_0 < 1,0$ s), è avvenuta tramite analisi semplificata utilizzando le tabelle contenute nella DAL 112/2007. Nel caso in esame, in relazione alla tipologia degli edifici normalmente presenti in zona, assume particolare rilevanza l'intensità ai bassi periodi.

PGA0 e SI0 sono riferiti al suolo di riferimento (rigido orizzontale), mentre PGA e SI alla superficie del sito esaminato.

Il fattore di Amplificazione è legato al valore della velocità equivalente delle onde di taglio all'interno del deposito di copertura ($V_{s,H}$), ed è determinato dalla seguente relazione:

$$V_{s,H} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Sulla base del modello geologico locale, si ricava uno spessore della copertura detritica $H = 6$ metri quindi:

$$V_{s,H=6} = 391 \text{ m/s}$$

I coefficienti di amplificazione sismica si ricavano dalle tab. A2.1.1, per la zona di appennino e margine appenninico, nel caso di substrato marino con $V_s > 800$ m/s, utilizzando $H \approx 10$ m $V_{s,H=400}$ m/s.

F.A. P.G.A.

$\frac{V_{s,H}}{H}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

$\frac{V_{s,H}}{H}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

$\frac{V_{s,H}}{H}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

Si ottengono in tal modo i seguenti valori del fattore di amplificazione:

F.A. P.G.A. = 1,4

F.A. IS (0,1<T0<0,5 s) = 1,0

F.A. IS (0,5<T0<1,0 s) = 1,0

2.3.3 - Effetti della topografia

Gli effetti della topografia sono stati valutati secondo quanto previsto al punto A2.2 della DAL 2007. la norma prevede che essi siano trascurati nel caso di pendii con inclinazione media inferiore a 15°. Vanno invece considerati nel caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali (cocuzzolo, cresta, dorsale allungata) di altezza superiore a 30m.

Nel caso in esame il tratto di pendio su cui si trova la variante può essere schematizzata come una cresta: la parte sommitale pianeggiante è delimitata da una scarpata con un angolo al piede di 30° ed altezza H=25 m. Essendo quindi H<30 m gli effetti della topografia sono stati trascurati.

2.3.4 - Spettro di risposta

Per la definizione del moto di riferimento, sempre nell'Allegato 4, viene riportata la forma dello spettro di risposta normalizzato rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari al 5%) in Emilia – Romagna. Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori dell'Accelerazione spettrale normalizzata S_a/a_{ref} per il valore a_{refg} di ogni comune (tabella 2 dell'Allegato 4 Delibera n. 112), lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per il comune in oggetto. Per il sito in esame lo spettro di risposta si ottiene moltiplicando i valori dello spettro del comune per il F.A. definito con le tabelle dell'allegato A2 e per il coefficiente di amplificazione topografica (ST) .

L'accelerazione al suolo, essendo $a(g)$ del comune di Frassinoro pari a 0,178, è quindi:

$a(g)=0,249$

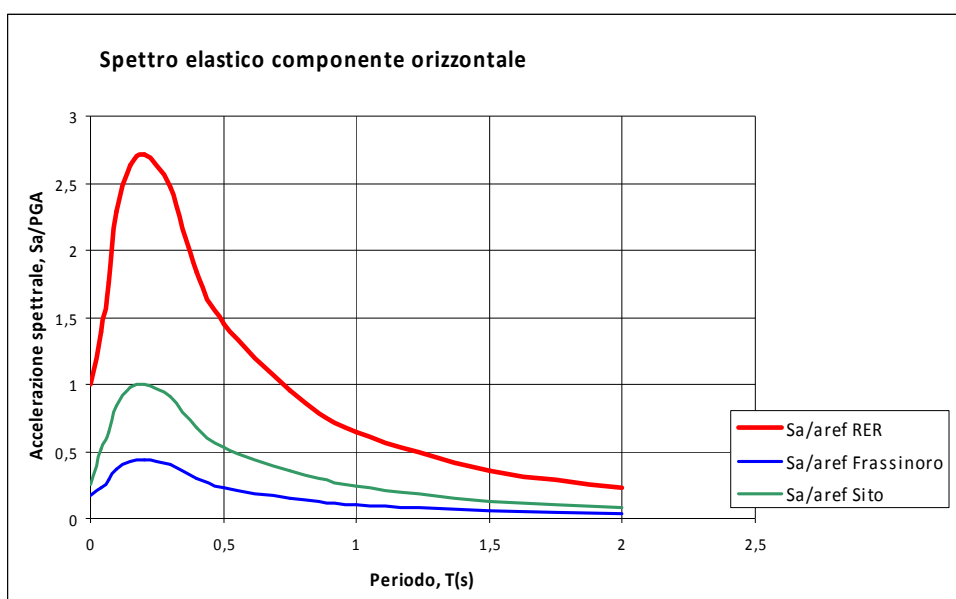


Figura 14: Spettro di risposta dell'area di variante per $T_r=475$ anni e $\xi=5\%$

3. CONCLUSIONI

La presente relazione tratta dei caratteri geologici, geomorfologici e sismici di un lotto di terreno oggetto di variante urbanistica in località Madonna di Pietravolta (comune di Frassinoro, provincia di Modena).

Lo studio ha consentito di individuare i principali lineamenti geologici e geomorfologici dell'area in oggetto e delineare il modello geologico del sottosuolo. Sono inoltre state ricavate le caratteristiche sismiche del sito, tramite la determinazione del Fattore di Amplificazione.

Per chiarezza espositiva si riporta una sintesi dei principali elementi ricavati:

1. l'area di variante ricade interamente nell'areale di affioramento della formazione di Fosso della Cà costituita da prevalenti argilliti sovraconsolidate e fessurate con inclusi lapidei, ricoperta da materiale detritico. Lo spessore della copertura è stimata in pochi metri;
2. la stabilità della zona è ritenuta buona e al suo interno non si trovano sorgenti o altri elementi di interesse idrogeologico;
3. è stata definita la Risposta Sismica Locale del terreno ai sensi degli atti di indirizzo regionali 112/2007. Sulla base dello studio eseguito si è verificata la possibilità che nel sito d'intervento possano avvenire fenomeni di amplificazione, identificando un valore del fattore di amplificazione della PGA pari a 1,40, Intensità di Housner tra $0,1 < T_0 < 0,5$ s = 1,0 e tra $0,5 < T_0 < 1,0$ s = 1,0. Non sono invece previsti effetti per amplificazione topografica essendo $H < 30$ m.

Tutto ciò premesso, si ritiene verificata la fattibilità geologica del variante al PRG proposta, anche in relazione alla sua compatibilità con il rischio sismico, e pertanto si esprime parere favorevole alla sua attuazione.

Villa Minozzo, lì agosto 2012

Il tecnico incaricato

Geol. Patrizia Tincani

allegato 1:

INDAGINE SISMICA

--

CPT s.n.c di Cantoni Maria Teresa e C. C.FISC: 01744590348 P.IVA: 01744590348	Via: via Cornini Malpeli,2 43036 Fidenza (PR) - Tel: - Fax: Email: cptsnc@yahoo.it Web:
--	---

	Data: agosto 2012
	Il committente Dott. tincani
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

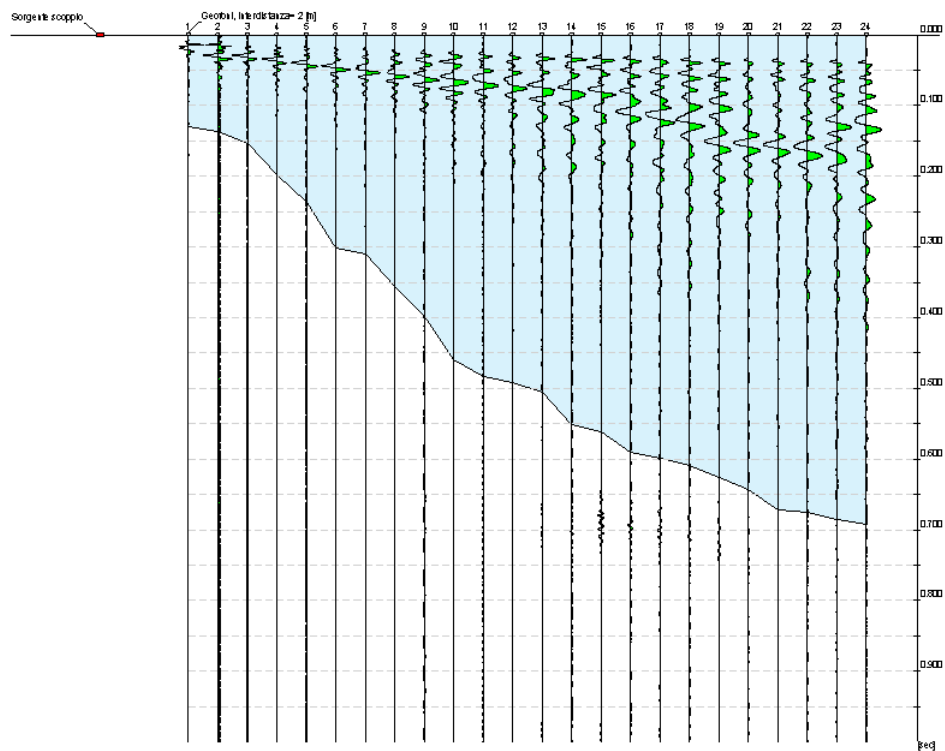
Dati generali

Committente	Dott. tincani
Cantiere	Santuario Pietravolta
Località	Fontanaluccia
Data	20/08/2012 03.50

Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	1000.1
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.131

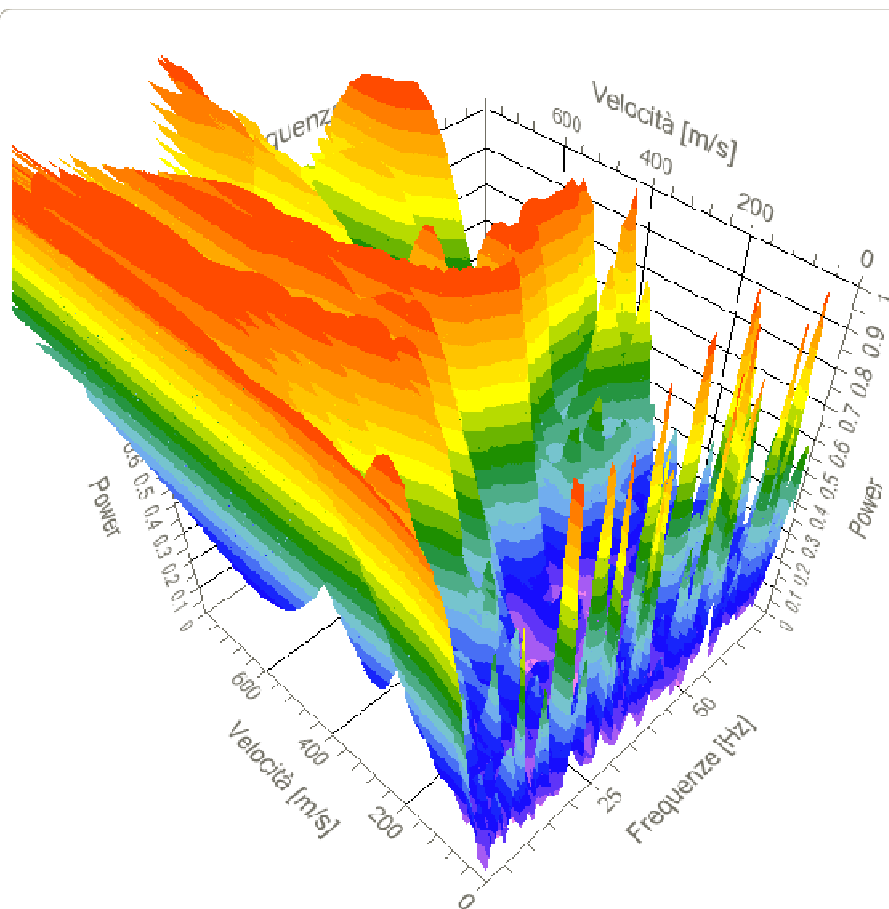
Committente: Dott. tincani
 Cantiere: Santuario Pietravolta
 Località: Fontanaluccia
 Data: 20/08/2012



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	75
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1500
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spetro Velocità di fase - Frequenze

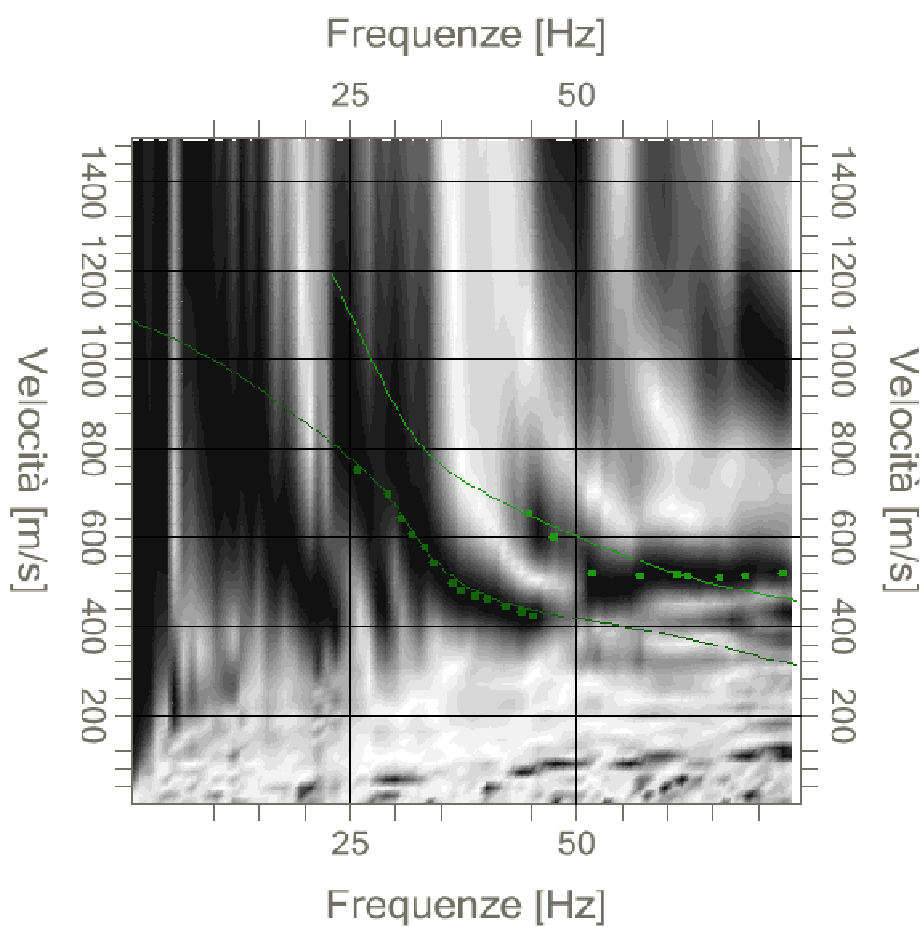


Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	25.9	751.2	0
2	29.2	697.3	0
3	30.6	643.4	0
4	31.9	607.4	0
5	33.4	576.0	0
6	34.3	540.1	0
7	36.4	495.1	0

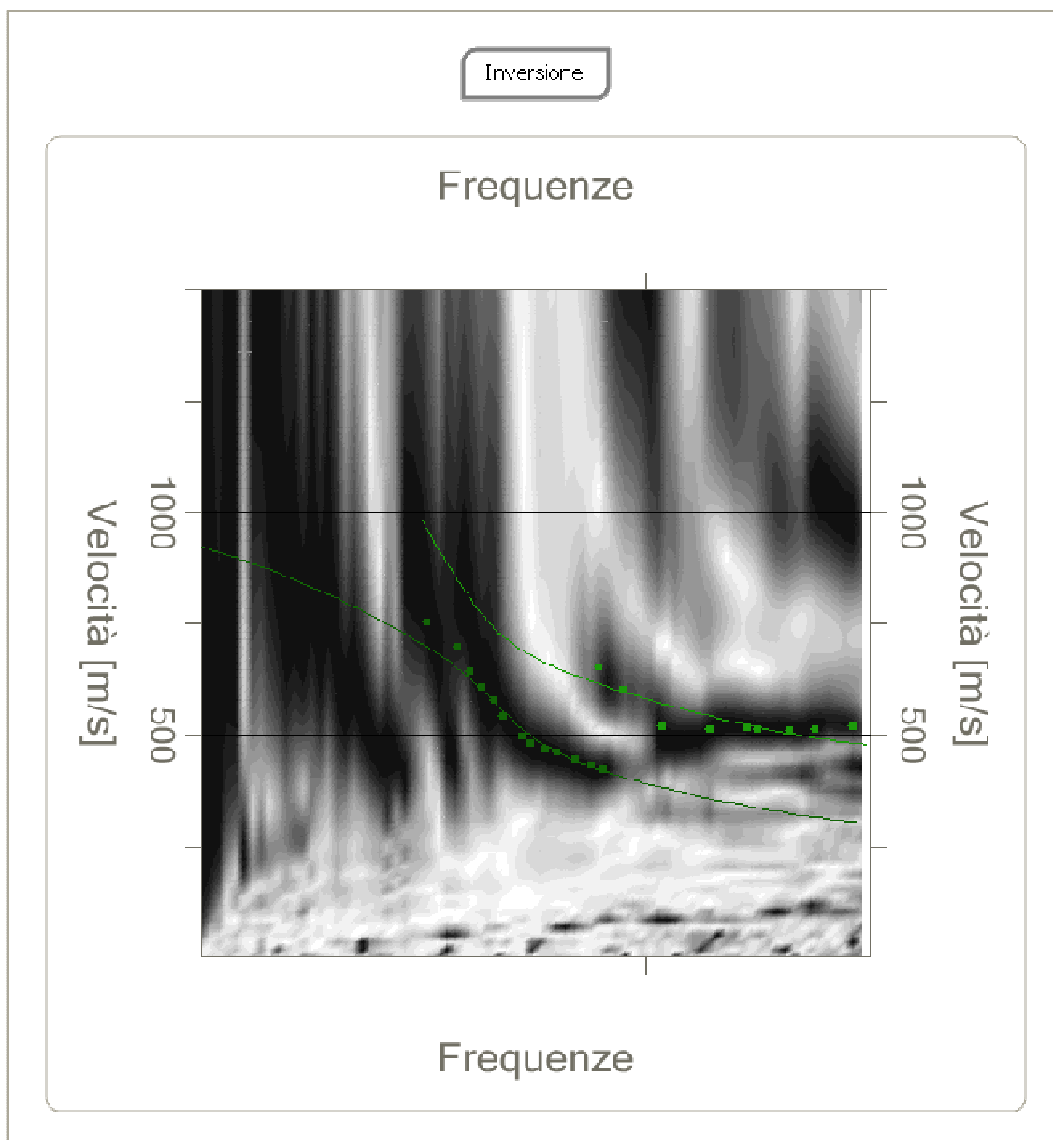
8	37.3	481.7	0
9	38.9	468.2	0
10	40.2	459.2	0
11	42.2	445.7	0
12	44.0	432.2	0
13	44.7	651.1	1
14	45.2	423.3	0
15	47.5	600.6	1
16	51.8	519.8	1
17	57.1	513.0	1
18	61.2	516.4	1
19	62.2	513.0	1
20	65.9	509.6	1
21	68.7	513.0	1
22	72.8	519.8	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze

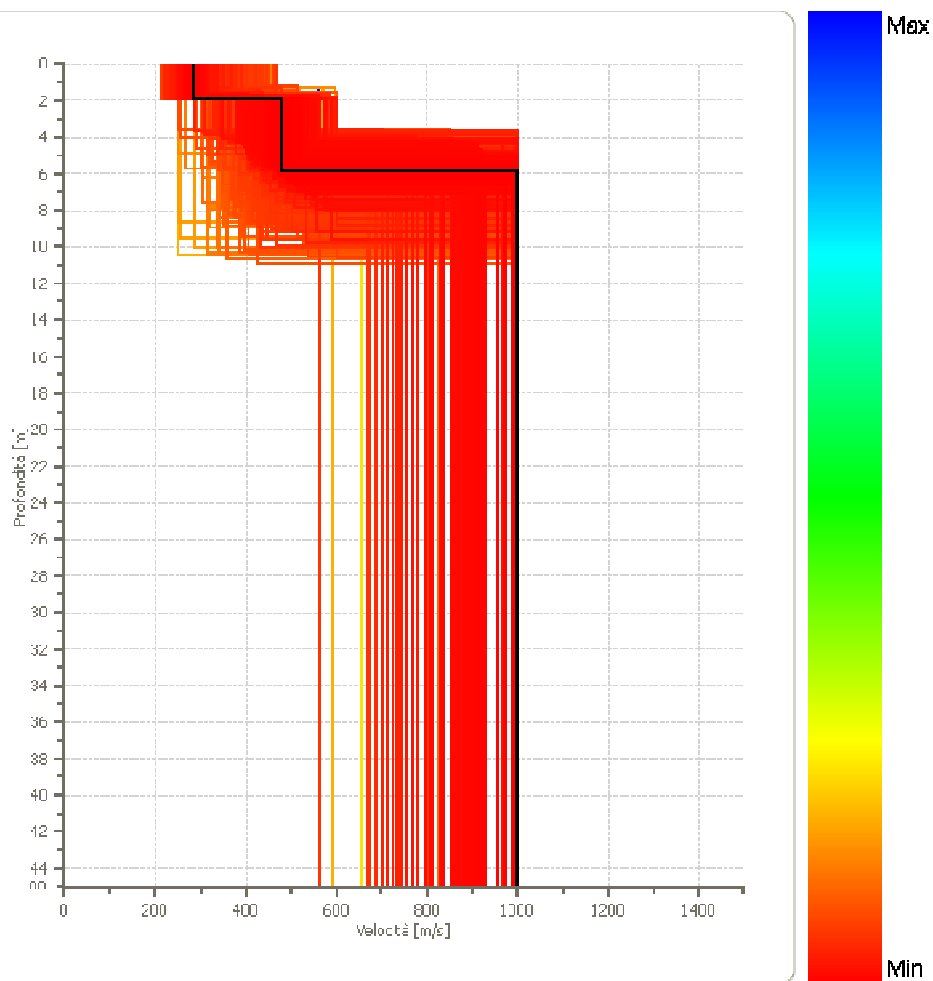


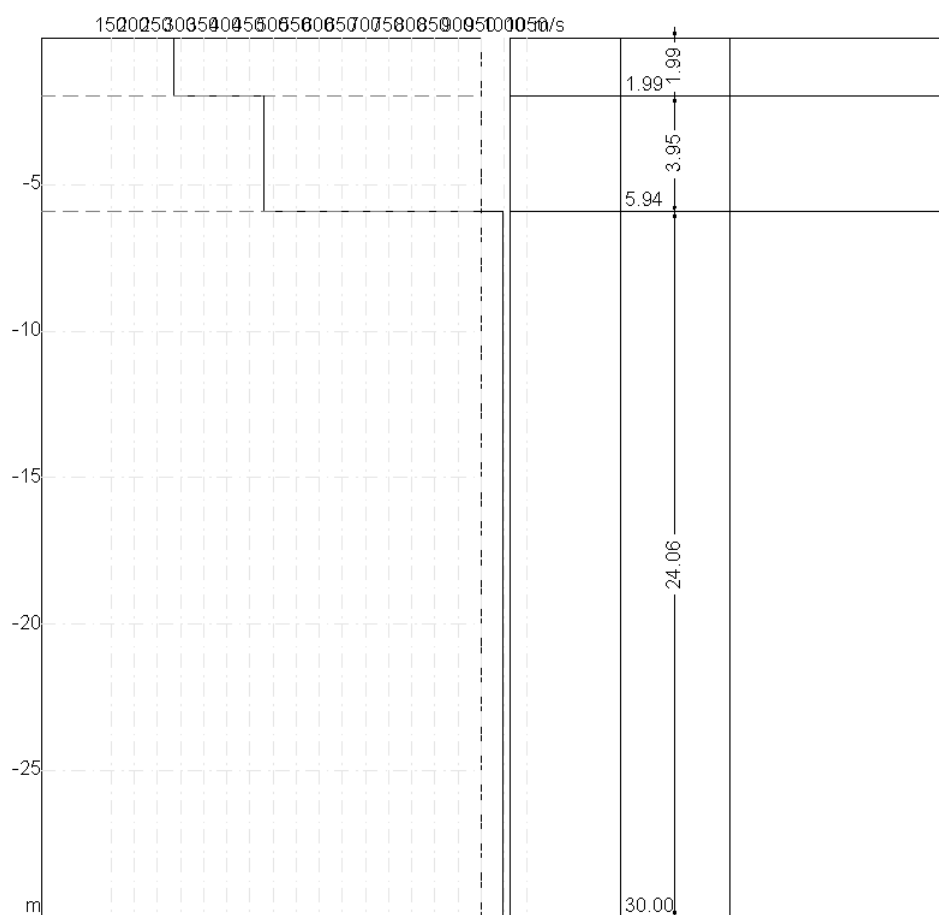
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.99	1.99	1800.0	0.4	No	593.6	285.1
2		5.94	3.95	2000.0	0.3	No	898.0	480.0
3		oo	oo	2100.0	0.3	No	1867.9	998.4



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	767.25
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc l]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.99	1.99	285.15	593.58	1800.00	0.35	146.35	634.20	439.06	395.16	N/A	4519.98
2	5.94	3.95	480.01	898.02	2000.00	0.30	460.82	1612.88	998.45	1198.14	N/A	N/A
3	oo	oo	998.41	1867.85	2100.00	0.30	2093.32	7326.62	4535.53	5442.63	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

Indice

Dati generali	4
Tracce	5
Analisi spettrale	6
Curva di dispersione	7
Inversione	10
Risultati	14
Altri parametri geotecnici	14
Indice	15

<i>Domanda</i>	n. 038
<i>Richiedente</i>	Gianotti Adolfo
<i>Foglio</i>	24
<i>Mappali</i>	260, 261
<i>Tavola PRG</i>	5. 6

STUDIO GEOLOGICO PETRA

di Dott. Geol. Andrea Zanotti
 Piazza Matteotti, 37 - 41121 Modena - tel./fax +3959220030 - studiopetra@libero.it
 Codice fiscale ZNTNDR64E03I462U - Partita I.V.A. 02012030363

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO E RELAZIONE SISMICA

VARIANTE AL PIANO REGOLATORE DEL COMUNE DI
 FRASSINORO (MO): LOTTIZZAZIONE PRIVATA “GIANNOTTI
 ADOLFO”, VIA PIANELLO.

REGIONE
 EMILIA – ROMAGNA



RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 11/03/1988, lettere A, B, H;
- Circolare LLPP 24/10/88 n. 30483;
- R.D. n. 3267/1923 e n. 1126/1926,
- L.R. 3/1999, direttiva regionale 117/2000 (Vincolo Idrogeologico)
- PTPC Provincia di Modena;
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino del Fiume PO;
- O.P.C.M. n. 3274/2003 (classificazione sismica territorio);
- D. A. L. n. 112/2007 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”
- D. M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni).
- Circolare C.S.LL.PP. 2/2/2009 n.617.

COMMITTENTE :
SIG. GIANNOTTI ADOLFO

IL TECNICO :
 DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI

MODENA 05/09/2012

RELAZIONI Frassinoro –variante 2012 Giannotti Adolfo

PUNTI TRATTATI

CAP. 1	INTRODUZIONE	pag. 2
CAP. 2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pag. 3
CAP. 3	GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE	pag. 3
CAP. 4	CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE	pag. 6
CAP. 5	STRATIGRAFIA PARAMETRI GEOTECNICI	pag. 7
CAP. 6	RELAZIONE SISMICA	pag. 9
CAP. 7	CONCLUSIONI	pag. 15
	ALLEGATI	pag. 17

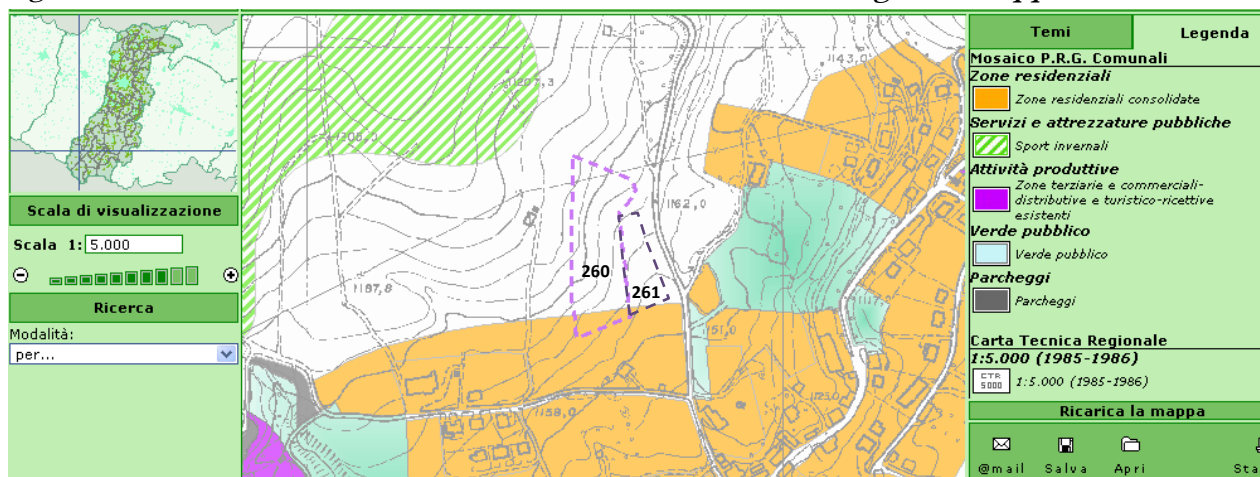
Cap. 1 INTRODUZIONE

Su incarico della committenza, è stata eseguita la presente relazione con lo scopo di verificare le caratteristiche generali litostratigrafiche, geomeccaniche e sismiche di un'area del comune di Frassinoro, in relazione ad una richiesta di variante al Piano Regolatore comunale, per un lotto di terreno ubicato in Via Pianello, ad una quota media di circa 1165 m /s l m.

E' intenzione del Sig. Giannotti estendere la zona ad uso residenziale a tutta la porzione centro - meridionale dell'area di proprietà (si veda Foto 2).

Il sito esaminato è confinante con altri lotti in cui sono appena stati eseguiti degli interventi edificatori ad uso residenziale (Fig. 24, mapp. 507 e Fig. 33, mapp. 36). Il diritto di edificabilità dell'area distinta al Fig. 33 era stato ottenuto nella Variante PRG precedente, ma non compare ancora sul Data Base Provinciale di Fig. 1.

Fig.1 - ZONIZZAZIONE PRG FRASSINORO. Rif. Catasto: Foglio 24 mappali 260 – 261



Estratto da SISTEMONET, Mosaico P.R.G. comunali 2002 (scala di visualizzazione ridotta del 50%)



Cap. 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

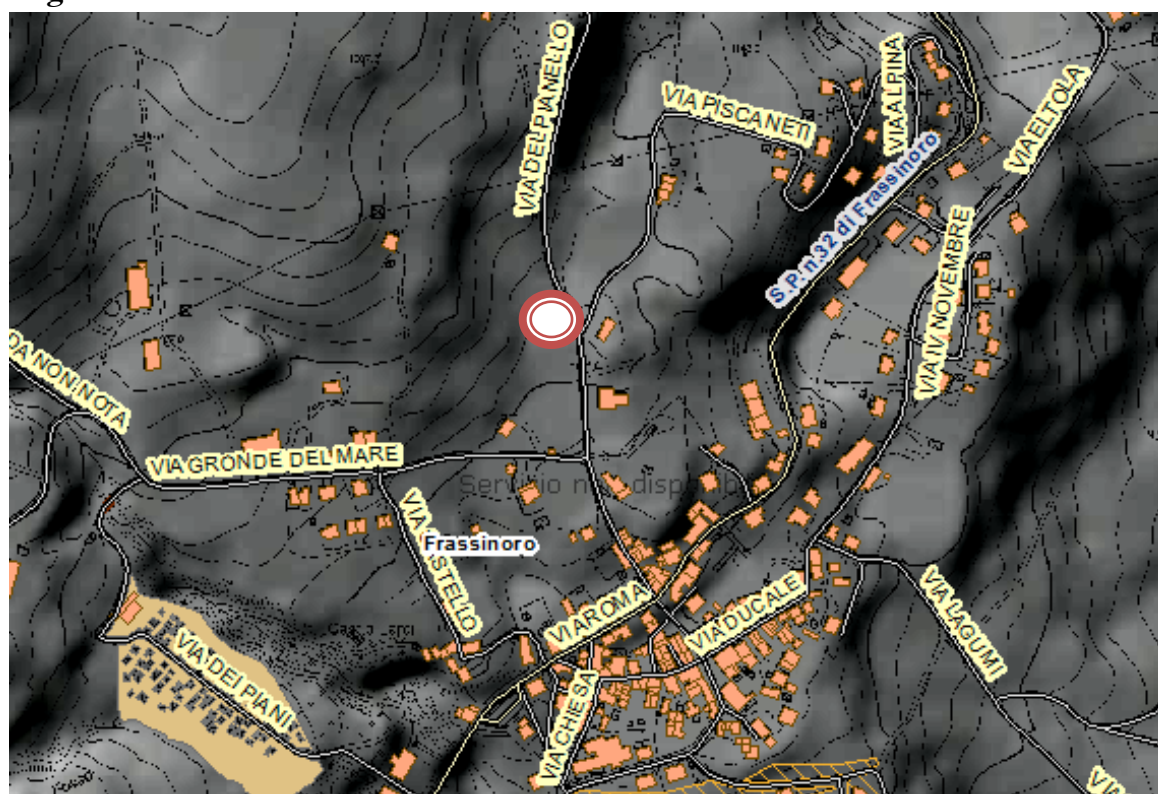
L'area studiata si trova immediatamente a monte dell'abitato di Frassinoro, in Via Pianello, al confine con la zona residenziale; essa è rintracciabile sui seguenti documenti topografici:

Cartografia C.T.R.: Foglio 1:25.000 235 SE Pievepelago; Sezione 1:10.000 - 235110 Frassinoro.

Cartografia I.G.M.: Foglio 1:100.000 n. 97 S. Marcello Pistoiese; Tavoleta 1:25.000 IV NO Frassinoro.

Cartografia CATASTALE: Foglio 24; Mappali 260 - 261.

Fig.2 – LOCALIZZAZIONE SITO



Estratto da GEOWIEWER, (scala 1: 5000)

Cap. 3 GEOLOGIA DELL'AREA DI VARIANTE

3.1- Carta geologica Regione Emilia Romagna

Dal punto di vista geologico, nella zona affiorano terreni appartenenti al **dominio Figure**. Nello specifico dell'area di variante sono presenti terreni attribuibili al Gruppo della formazione di M. Venere quali:

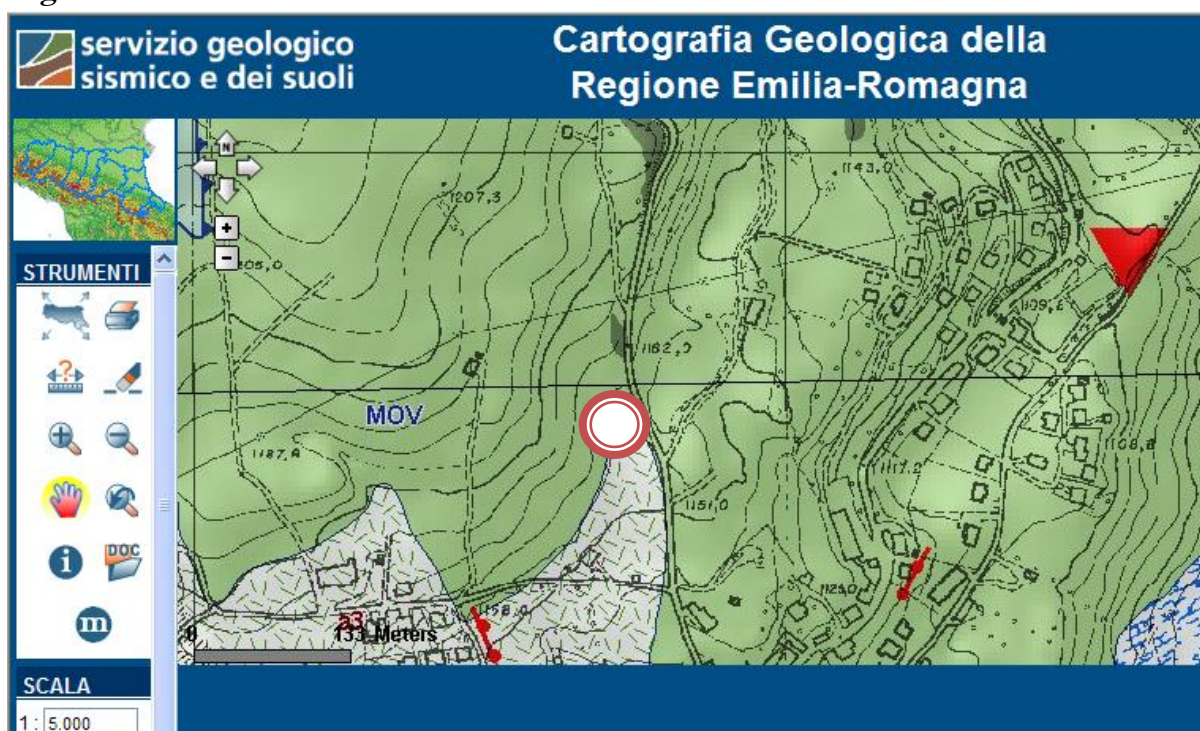
Formazione di Monte Venere (MOV):

Si tratta di ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P > 1/3$.

Depositi di versante (a3): sono segnalati nella estremità meridionale del lotto

Fig.3 – CARTOGRAFIA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5.000



LEGENDA

Prove lineari

- prova MASW

Prove puntuali

- carotaggio continuo
- misure di microtremore a stazione singola (HVSr)
- prova dinamica con penetrom. superpesante (DPSH)

Coperture quaternarie (10K)

- a3 - Deposito di versante s.l.

Unità geologiche (10K)

- MOV - Formazione di Monte Venere

3.2- Geologia rilevata

Il centro abitato di Frassinoro è posto alla quota di 1131 m e riposa sopra una serie di grandi ripiani, rappresentati da ammassi rocciosi raccordati tra loro; questi ultimi sono costituiti da un flysch calcareo (assimilabile al Flysch di M. Venere, MOV – creta sup.) che affiora con continuità dal fondovalle fino alla zona di crinale. Si tratta di torbiditi calcareo marnose di colore grigio (nocciola se alterate) cui seguono marne ed argille chiare nella porzione superiore degli strati. A luoghi si intercalano potenti pacchi costituiti da strati arenaceo – calcarei ed argille nerastre in strati da sottili a medi. Lo spessore degli strati litoidi varia dai 20 cm ai 2 metri; leggermente superiore è lo spessore delle porzioni marnose. Nelle vicinanze del sito tale unità si presenta in giacitura normale con inclinazione media di circa 45°.

Dal punto di vista morfologico l'intero versante appare caratterizzato da una struttura a Gradoni, dove i grandi ripiani rocciosi su cui è insediato l'abitato sono tra loro raccordati tramite versanti decisamente più acclivi.

3.3 - Dettaglio del Sito

L'area oggetto di studio si trova, in posizione sub pianeggiante, nella zona di raccordo tra un debole pendio ed un largo ripiano, in **condizioni di stabilità**.

Dal punto di vista stratigrafico il substrato roccioso è ricoperto da una coltre di terreno detritico, costituito dal disfacimento naturale della formazione fliscioide e da depositi colluviali.

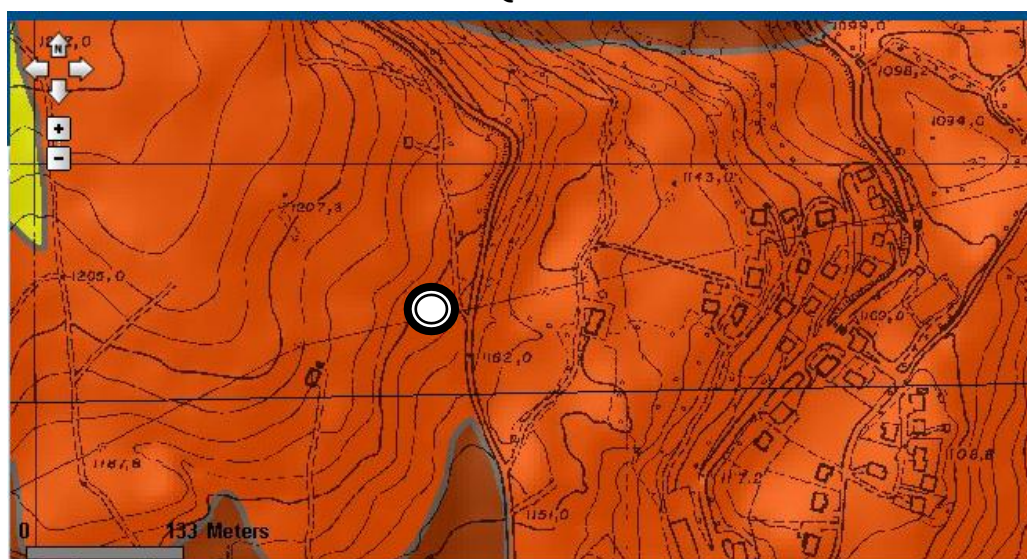
3.4 - Idrogeologia

I terreni affioranti presso il sito sono definiti come *Ammassi rocciosi*, 'rocce magazzino', ovvero un substrato in cui, pur non essendo presente una falda, possono esservi movimenti stagionali di acqua, in relazione alla piovosità.

Nei sondaggi svolti a poche decine di metri dal sito per altri interventi edificatori (gennaio 2001, marzo 2008), non si è rilevata la presenza di acqua (si veda l'ubicazione in Fig.8).

Fig.4 – CARTOGRAFIA SORGENTI E ACQUIFERI REGIONALE

Scala 1:5.000



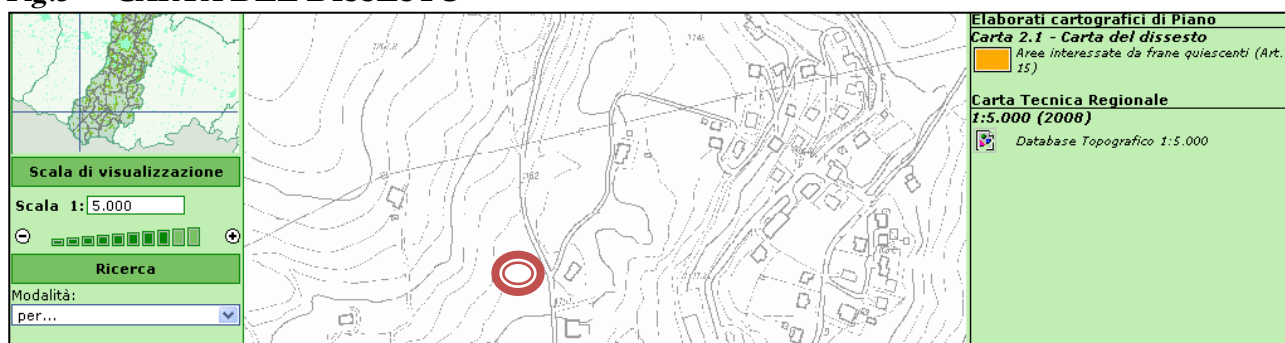
LEGENDA

	Sorgenti
Coperture di versante, su ammassi rocciosi	
	cop1a - Coperture detritiche di versante, associate ad ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'
Ammassi rocciosi	
	ar1 - Ammassi rocciosi, 'rocce magazzino'

Cap. 4 CONFRONTO CON LA PIANIFICAZIONE PROVINCIALE

4.1 – PTCP, Carta del Rischio da Frana

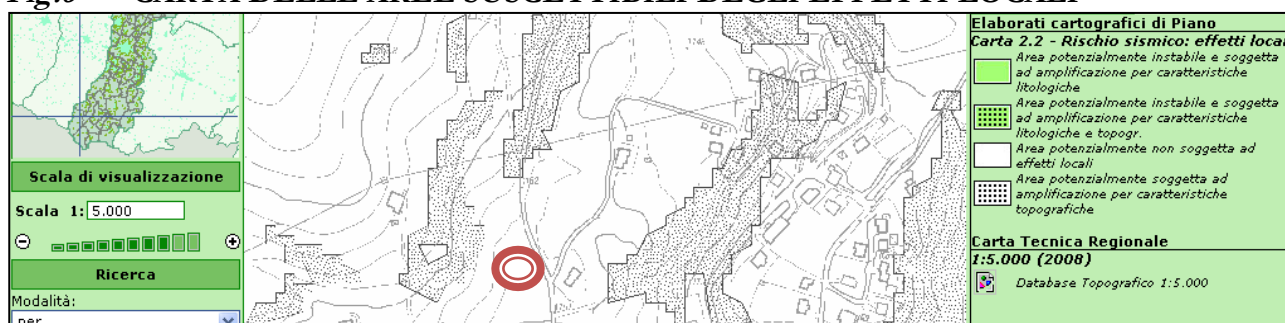
Fig.5 – CARTA DEL DISSESTO



L'area **non è interessata** da alcun tipo di dissesto e quindi non risulta soggetta alle limitazioni dell'art. 15.

4.2 – PTCP, Rischio Sismico

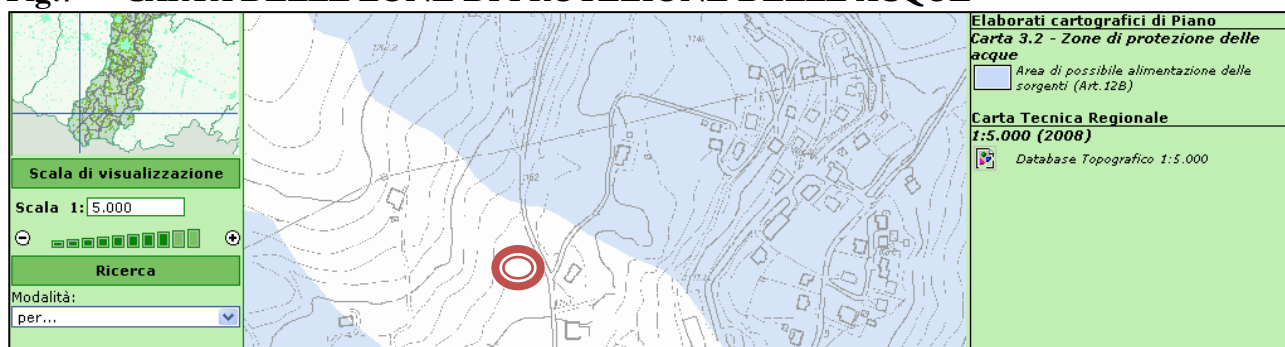
Fig.6 – CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DEGLI EFFETTI LOCALI



Il lotto esaminato ricade in una zona classificata come “**Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali**”, la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico viene descritta nel capitolo 6.

4.3 – PTCP, Protezione delle acque

Fig.7 – CARTA DELLE ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE



Il sito non ricade in un'area di possibile alimentazione delle sorgenti e pertanto non è assoggettato alle limitazioni dell'art. 12B (che comunque non precluderebbe la Variante al PRG richiesta).

Cap. 5 - STRATIGRAFIA, PARAMETRI GEOTECNICI

La stratigrafia del sito è stata delineata facendo riferimento a 2 prove penetrometriche DPSH realizzate, da privati, su lotti confinanti oggetto di recenti edificazioni monofamiliari (Foglio 24, mapp. 507 e, foglio 33 mapp. 36). Tali sondaggi presentano una buona coerenza sia tra di loro, sia con una prospezione sismica HVSR eseguita sul sito in data 25/08/2012.

L'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche evidenzia la presenza di un Flysch, cioè di un'alternanza di strati argillosi coesivi con strati "rocciosi". L'analisi dei valori di picco della resistenza alla penetrazione indica però che, nei primi 4/5 metri di terreno, il substrato roccioso appare disgregato e fratturato, in seguito a fenomeni di alterazione naturali. Si rileva così la presenza disordinata di trovati rocciosi frammisti a terreni detritici di natura sia coesiva sia litoide.

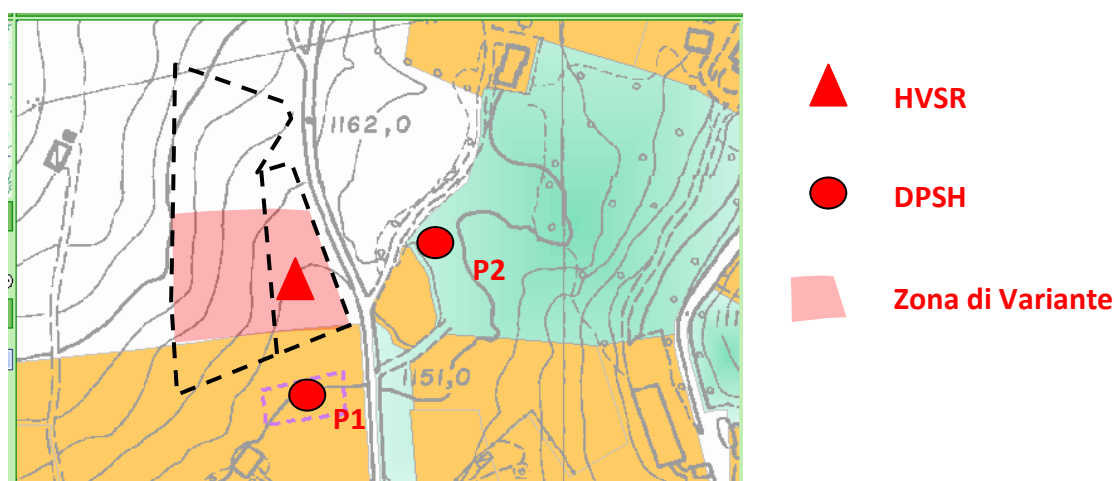
In sostanza il terreno di fondazione nel suo insieme può essere considerato come un buon terreno detritico piuttosto che come un terreno roccioso in posto.

L'analisi sismica realizzata sul sito conferma la presenza di terreno compatto, con caratteristiche meccaniche crescenti in profondità, a partire da circa 3 m, evidenziando uniformità con le prove penetrometriche.

Il terreno diviene impenetrabile a circa 7 m dal piano campagna.

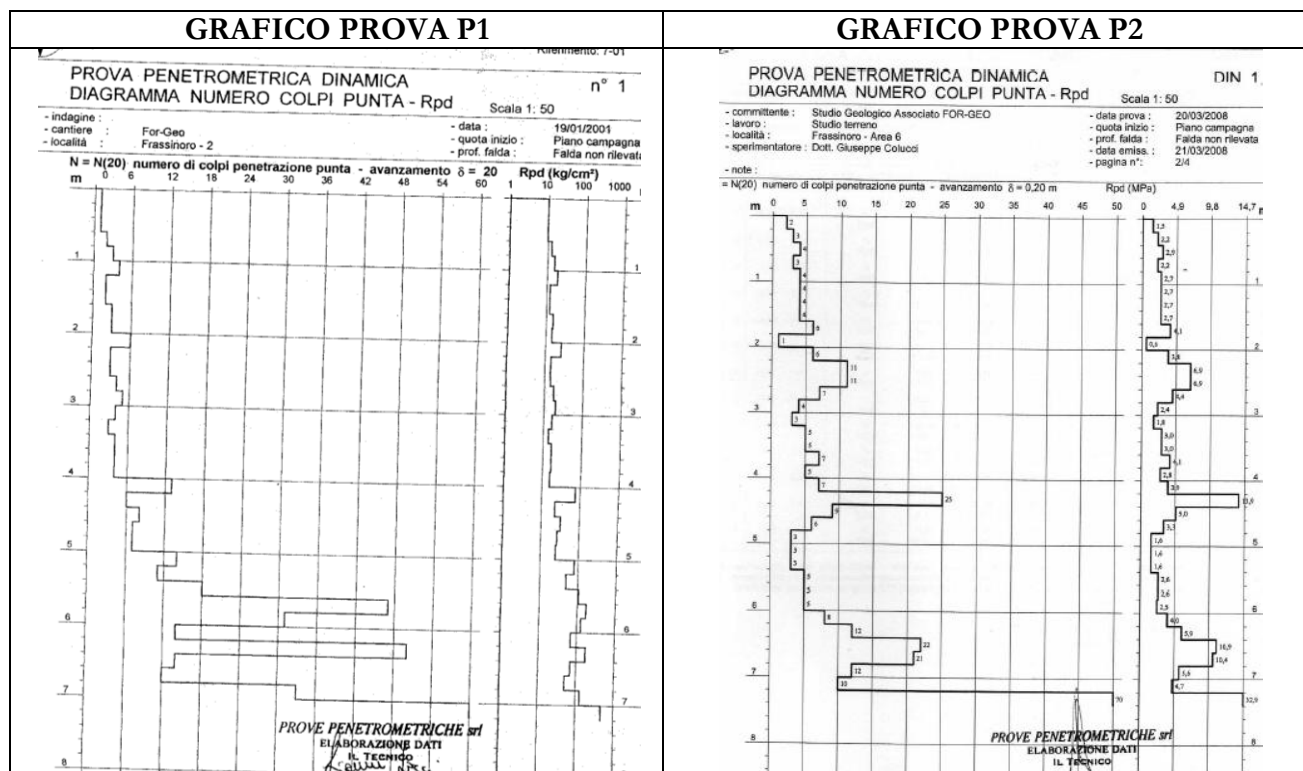
FIG. 8 UBICAZIONE SONDAGGI

scala 1:5000



Di seguito vengono sintetizzati i grafici originali delle prove DPSH, gentilmente concessi dai proprietari, mentre in ALLEGATO sono riportate delle opportune rielaborazioni comprensive di grafici con rispettive tabelle.

I parametri geotecnici elencati nella pagina seguente sono stati "tarati" sulla prova P1, che risulta più conservativa.



PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO INVESTIGATO

L'elaborazione delle prove penetrometriche ha permesso la ricostruzione dei seguenti parametri geotecnici:

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

COMUNE: FRASSINORO						DATA: 19/01/2001					
NOME FILE PIERAZZ1						PENETROMETRO DPSH					
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]			ϕ [°]	Mo [kN/m²]	Qa1 [kN/m²]	Cu [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Qa2 [kN/m²]	σ_v' [kN/m²]	Rpd [kN/m²]	Qa3 [kN/m²]
0.6	1.0	2.2	20.7	1562	52	15	1320	28	7.6	745	30
2.2	3.1	6.9	25.0	4881	142	46	4125	88	28.5	2118	85
3.6	3.7	8.2	26.0	5802	263	55	4903	113	57.0	2296	92
4.4	6.8	14.9	29.4	10544	546	99	8910	196	77.9	3859	154
6.2	17.4	37.9	36.2	26901	1889	254	22733	469	102.6	9231	369

H = Profondità del letto dello strato elementare

N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento

Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)

$\phi^o = N_{spt} < 30 (15 \cdot N_{spt})^5 + 15; N_{spt} > 30 - 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26$. (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)

Mo = $710 \cdot N_{spt}$ [Modulo Confinato] [kN/m²] (Farrent)

Qa1 = $(h \cdot \gamma' \cdot N_q) / 3$ [kN/m²] (Carico ammissibile - Terzaghi semplificata)

Ed = $600 \cdot N_{spt}$ [Modulo Edometrico] [kN/m²] (Stroud & Butler)

Cu = $6.7 \cdot N_{spt}$ [kN/m²] (Terzaghi)

Qa2 = $(Cu \cdot N_c) / 3$ [kN/m²] (Carico ammissibile - Terzaghi semplificato)

Rdp = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$ [kN/m²] (Formula degli Olandesi)

Qa3 = $Rdp / 15 + 30$; $Rdp / 20$ [kN/m²] (Carico ammissibile, Sanglerat)

PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO (fondaz. Superficiali)

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
0.6	1.0	2.2	3	20.7	13.2	29.2	24.1	15	313.1	199	142
2.2	3.1	6.9	8	25.0	2.0	23.5	19.2	46	20.0	32	23
3.6	3.7	8.2	7	26.0	1.1	25.1	20.6	55	11.1	46	33
4.4	6.8	14.9	4	29.4	4.4	28.2	23.2	99	63.0	81	58
6.2	17.4	37.9	9	36.2	5.5	32.5	27.0	254	189.0	130	93

LEGENDA

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato
 ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato
 ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)
 ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]
 C_{um} = Dato medio della coesione non drenata
 C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)
 C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

(continua PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO)

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	M_{om} [kN/m ²]	dev stand	M_{ok} [kN/m ²]	M_{od} [kN/m ²]	E_{dm} [kN/m ²]	dev stand	E_{dk} [kN/m ²]	E_{dd} [kN/m ²]
0.6	1.0	2.2	3.0	1562	33179	21040	21040	1320	28039	17781	17781
2.2	3.1	6.9	8.0	4881	2118	3364	3364	4125	1790	2843	2843
3.6	3.7	8.2	7.0	5802	1181	4865	4865	4903	998	4111	4111
4.4	6.8	14.9	4.0	10544	6673	8576	8576	8910	5639	7247	7247
6.2	17.4	37.9	9.0	26901	20030	13732	13732	22733	16927	11605	11605

LEGENDA

Num= Numero dei dati presi in considerazione per ogni strato
 M_{om} = Media del Modulo Confinato
 M_{ok} = Valore Caratteristico del Modulo Confinato (5° percentile di distribuzione della media)
 M_{od} = Valore di Progetto del Modulo Confinato
 E_{dm} = Media del Modulo Edometrico
 E_{dk} = Valore Caratteristico del Modulo Edometrico (5° percentile di distribuzione della media)
 E_{dd} = Valore di Progetto del Modulo Edometrico

Cap. 6 - RELAZIONE SISMICA

In seguito alla classificazione sismica proposta dall'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ed al D. M. 14/01/2008 recante *norme tecniche per le costruzioni*, il **Comune di Frassinoro ricade in zona 2**.

Decreti fino al 1984	GdL 1988	Classificazione 2003
sismicità alta, S = 12	prima categoria	Zona 1
sismicità media, S = 9	seconda categoria	Zona 2
sismicità bassa, S = 6	terza categoria	Zona 3

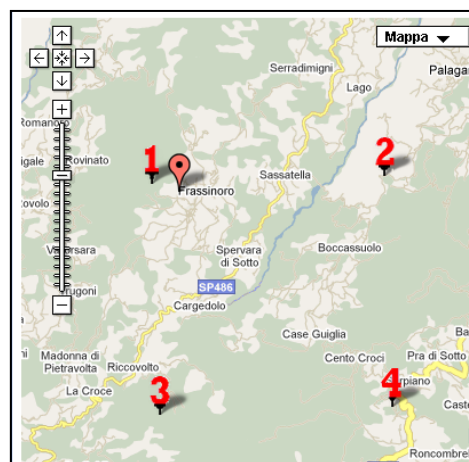
6.1 Pericolosità sismica di base del sito

Secondo il D.M. 14/01/2008 il calcolo dell'azione sismica dipende innanzitutto dalla posizione geografica del sito. La normativa fornisce per **10751** punti del *reticolo di riferimento* 9 valori del periodo di ritorno TR (**30** anni, **50** anni, **72** anni, **101** anni, **140** anni, **201** anni, **475** anni, **975** anni, **2475** anni).

Introducendo le coordinate geografiche esatte dell'intervento si ottengono i parametri sismici di base dell'area (a_g , F_o , T_c) e gli spettri di risposta elastici di base per i periodi TR di riferimento.

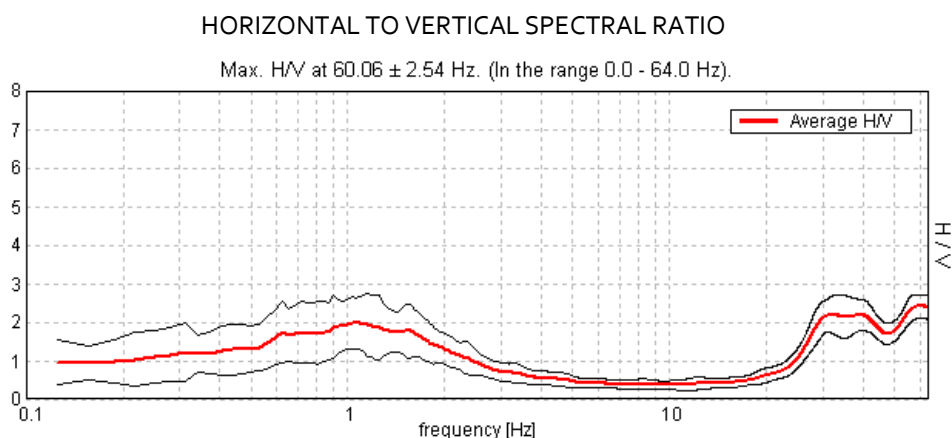
Questi ultimi non tengono conto degli effetti determinati dall'“*amplificazione sismica locale*” e dal tipo di “*prestazioni*” previste per l'edificio in progetto, che vengono pertanto dimensionati nei paragrafi successivi.

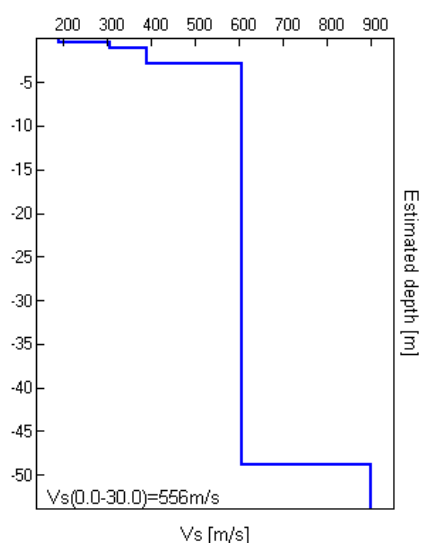
latitudine: 44,298552 [°]
 longitudine: 10,571047 [°]



6.2 Amplificazione stratigrafica

Ai sensi della normativa vigente la classificazione del suolo avviene in base alla velocità delle onde S nel terreno, entro i primi 30 m di profondità dal p.c. Per determinare tale valore (denominato **V_s 30**), in data 24/08/2012, è stata eseguita, presso il sito, una prospezione sismica mediante sismografo a stazione singola della Micromed (tromino Engy). La misura si basa sulla registrazione dei microtremiti tramite i rapporti spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali e verticali del moto (Noghoishi e Igarashi 1970). La frequenza fondamentale di risonanza (F_r) dello strato relativa alle onde S è pari a: $F_r = V_s / (4 \cdot h)$. Dal grafico che segue si possono osservare dei picchi che corrispondono agli strati di terreno identificati (terreno agrario, strato alterato, e substrato compatto).





Dalla formula precedente, fissati i valori medi della V_s , si può calcolare approssimativamente lo spessore del primo strato costituito da terreno superficiale (1.6 m)

Estendendo e raffinando il ragionamento a tutti gli altri strati ed eseguendo l'inversione della velocità con ricostruzione teorica del grafico delle frequenze attraverso opportuno software si ottiene la seguente interpretazione stratigrafica più dettagliata:

Si noti un primo netto cambio di velocità a circa -1,6 m dal p.c. corrispondente al passaggio *terreno superficiale* - *flysch alterato*, ed un secondo cambio a circa -3 m dal p.c. fra *flysch alterato* - *roccia fliscioide compatta* con $V_s = 605$ m/s.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]
0.50	0.50	190
1.10	0.60	305
2.80	1.70	390
48.80	46.00	605
inf.	inf.	900

In conclusione, dall'analisi delle V_{s30} misurate con il sismografo, si ottiene un suolo con:

$$V_{s30} = 556 \text{ m/s.}$$

Determinata la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio (V_{s30}), ai sensi della normativa vigente si classifica il terreno di fondazione dell'intervento in progetto appartenente alla categoria b:

categoria "B" Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con $360 \text{ m/s} < V_{s30} < 800 \text{ m/s}$ (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ o coesione non drenata $c_u > 250 \text{ Kpa}$).

Dove il coefficiente di amplificazione stratigrafica vale:

$$S_s = 1.2$$

6.3 Amplificazione topografica

Dal punto di vista topografico il terreno rientra nella:

classe T1

T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

dove il coefficiente di amplificazione topografica vale: $S_t = 1.0$

6.4 Strategia di progettazione

La **vita nominale** di un'opera strutturale **VN** è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 **classi d'uso**, alle quali vengono associati i seguenti **coefficienti d'uso CU** :

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE CU	0.7	1.0	1.5	2.0

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un **periodo di riferimento VR** che si ricava, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:
 $VR = VN \times CU$

Ipotizzando la realizzazione di un nuovo manufatto ad uso abitazione civile, sono quindi attese le seguenti prestazioni:

vita nominale VN = 50 anni (opere ordinarie),

classe d'uso = II , (normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente)

coefficiente d'uso cu = 1,

vita di riferimento VR = VN x CU = 50 x 1 = 50 anni

6.5 Azione sismica di progetto

Combinando l'azione sismica di base (determinata dalla posizione geografica del sito) con gli effetti di amplificazione locale e le prestazioni attese dalla costruzione, si calcolano i parametri **a_g , F_o , T_c** , da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE** di **Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU** di **Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, come previsto dalla normativa vigente.

STATO LIMITE	Prob. Superamento (%)	T_R (anni)	A_g (g)	F_o (-)	T_c (s)
SLO operatività	81	30	0.060	2,478	0,249
SLD danno	63	50	0.076	2,458	0,260
SLV vita	10	475	0.174	2,514	0,292
SLC collasso	5	975	0.219	2,511	0,305

a_g è l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale. **F_o** è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2. **T_c** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

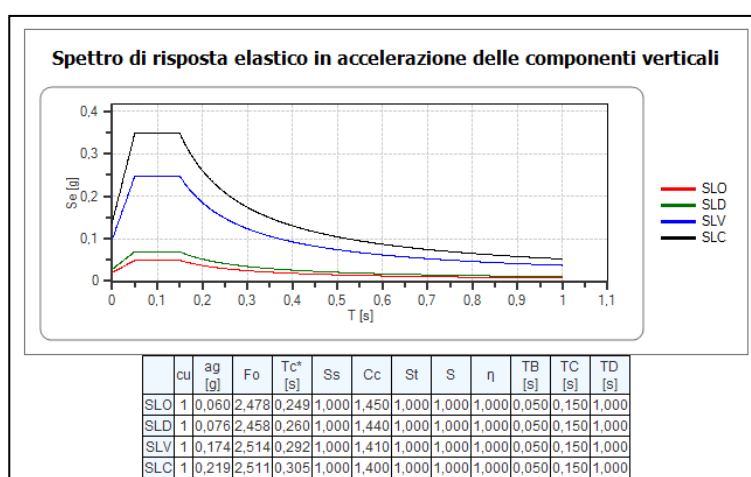
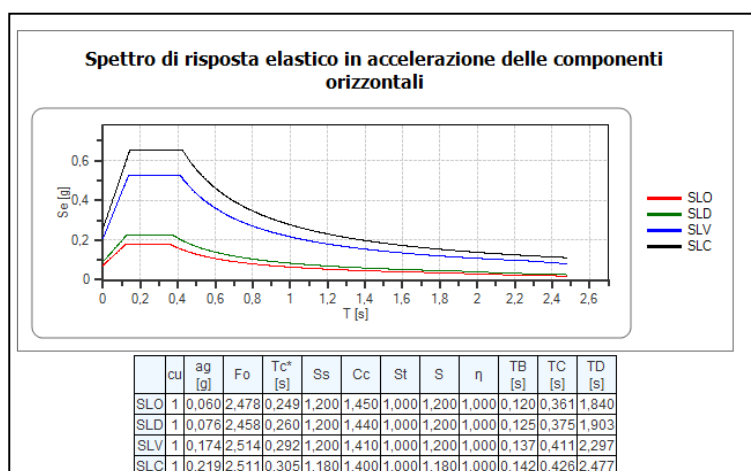
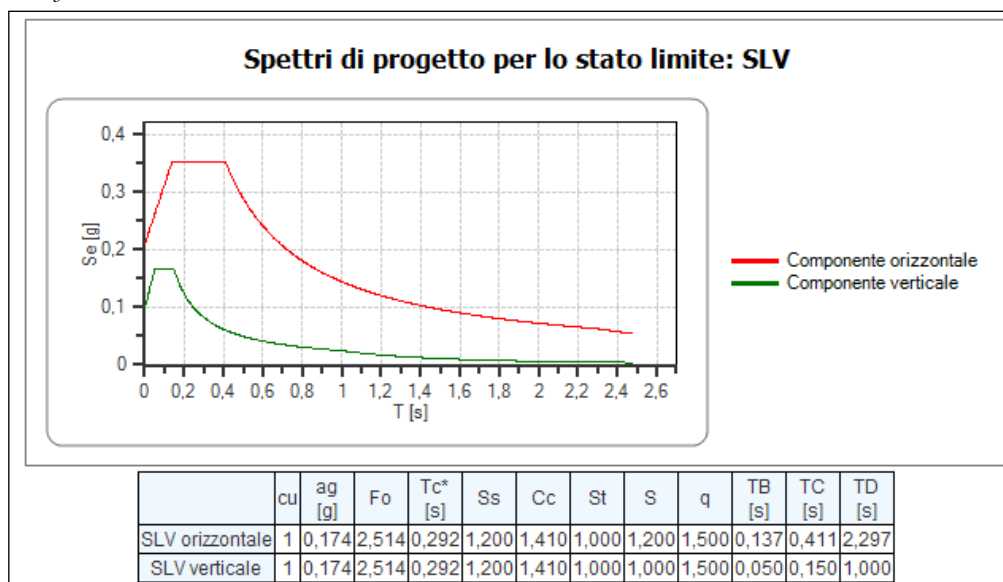
Nella sottostante tabella si riassumono i principali **Coefficienti sismici**:

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,450	1,000	0,013	0,006	0,706	0,180
SLD	1,200	1,440	1,000	0,016	0,008	0,891	0,180
SLV	1,200	1,410	1,000	0,050	0,025	2,052	0,240
SLC	1,180	1,400	1,000	0,080	0,040	2,537	0,310

Ss = amplificazione stratigrafica, **CC** = coefficiente che modifica il valore del periodo T_c , **Kh** = coefficiente sismico orizzontale, **Kv** = coefficiente sismico verticale, **St** = amplificazione topografica, **Amax** = accelerazione massima in superficie

Ne risultano i seguenti **spettri di progetto ed elastici** :

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima ag su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di ag variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.



Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_I \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{0.1(S+1)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

6.6 Accelerazione massima in superficie

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima ($a_{\max}$) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di $a_{\max}$ può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s ed S_t sono rispettivamente i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica. In questo caso riferendoci allo stato limite SLV si ottiene:

$$a_{\max} = 1.2 \times 1 \times 0.177 \times g = 2,052 \text{ m/s}^2$$

6.7 Verifica a liquefazione

Le indagini svolte hanno **escluso la presenza di orizzonti liquefacibili**.

6.8 calcolo dei Fattori di Amplificazione (F.A.) sismica al suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura si ottiene con la seguente formula:

$$V_{S_{\text{MEDIA}}} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}} = 254 \text{ m/s}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura
h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo
V_{S_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo

Tenendo conto delle prove penetrometriche e sismiche realizzate sul sito si determina lo spessore dello strato di copertura a 5 m.

Attraverso il dato ottenuto, con l'ausilio delle tabelle allegate alla deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna si determinano i fattori di amplificazione per le caratteristiche litologiche, che valgono:

F.A. P.G.A. (Picco Accelerazione Gravitazionale) = 1.7

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_o < 0.5s$ = 1.5

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_o < 1.0s$ = 1.4

Cap. 7 CONCLUSIONI

La presente relazione tratta dell'analisi di fattibilità di una variante del Piano Regolatore di Frassinoro (MO), per un lotto di terreno ubicato a monte del capoluogo in via Pianello.

I dati relativi ai caratteri geologici, geotecnici e sismici del sito sono stati confrontati con le prescrizioni contenute nelle leggi e negli strumenti di pianificazione vigenti.

Si è rilevato che il sito è ubicato immediatamente a monte del capoluogo e si trova sopra un terreno costituito dalla Formazione di Montevenere (MOV), parzialmente ricoperta da detrito di versante (a3).

Il sito si trova in **condizioni di stabilità e non interferisce con acque di falda e/o superficiali**.

Dal confronto con il P.T.C.P. della Provincia di Modena si è riscontrato che la variante proposta **non interferisce** con le limitazioni d'uso del suolo previste dalle norme di Piano (si veda cap. 4).

La stratigrafia è stata ricostruita con l'ausilio di 2 prova penetrometriche DPSH realizzate da privati a pochi metri di distanza dal lotto in esame e con una prospezione sismica HVSR eseguita sul sito dallo scrivente (si veda Cap. 5).

I dati ottenuti evidenziano la presenza di un primo strato, profondo da 3 a 5 m, rappresentato da materiale alterato costituito prevalentemente da trovanti litoidi eterometrici inglobati da una matrice bruna coesiva, che mostra discrete caratteristiche meccaniche. Tale orizzonte è seguito da terreno roccioso in posto.

Dal punto di vista sismico ne sono emersi i seguenti parametri (si veda cap. 6):

D. M. 14/01/2008

- | | |
|--|------------------------------------|
| - cat. terreno di fondazione: | Cat. "B" ($V_{s30}=556$ m/s) |
| - coefficiente di amplificazione stratigrafica per SLV | $S_s = 1,2$ |
| - classe topografica T1, coefficiente di amplificazione topografica, | $S_t = 1,0$ |
| - accelerazione max in superficie per SLV | $a_{max} = 2,052$ m/s ² |

Deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna

- | | |
|---|---|
| - velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura: | V_s media = 254 m/s |
| - fattori di amplificazione: | |
| | F.A. P.G.A. = 1.7 |
| | F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_o < 0.5s$ = 1.5 |
| | F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_o < 1.0s$ = 1.4 |

i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima), F_o (fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima), T_c (periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro) e gli **spettri elastici di progetto**, da utilizzare per definire l'azione sismica in rapporto agli **SLE di Operatività** e di **Danno** ed agli **SLU di Salvaguardia della vita** e di **Collasso**, sono stati dimensionati ipotizzando la realizzazione di un manufatto con CU (classe

d'uso) = II e VN (Vita Nominale) = 50 anni. La loro quantificazione dovrà ovviamente essere rivista in fase esecutiva in rapporto alle effettive prestazioni del manufatto.

In conclusione, l'area osservata si trova in condizione di **stabilità** e la realizzazione di eventuali interventi edilizi non produrrà variazioni degli equilibri esistenti.

Per la definizione del tipo di fondazioni da adottare e relativi carichi applicati, si attende un progetto esecutivo che **andrà corredato da specifica campagna geognostica**.

Considerata la non interferenza con acque superficiali e con altre limitazioni di carattere legislativo, **si ritiene verificata la fattibilità geologica, geotecnica e sismica della richiesta variante al Piano Regolatore di Frassinoro (MO)**, relativamente al lotto esaminato.

**DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI
ISCRITTO ALL'ORDINE REGIONALE DEI
GEOLOGI CON IL NUMERO 558**

Si rilascia l'assenso per l'uso di tale relazione da parte del Comune per scopi di tipo pianificatorio.

ALLEGATI

• Prove penetrometriche DPM

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA : PAGANI TG 63-100

M	63.5	Kg	Peso massa battente
H	75	cm	Altezza di caduta
A	50.5	cmq	Diametro della punta conica
α	90	°	Angolo apertura Punta
La	100	cm	Lunghezza asta
Ma	30	Kg	Massa sistema di battuta
d	20	cm	Passo di avanzamento

TABELLA PROVA PENETROMETRICA DPSH **P1** (rif. Catastale Fg. 24 mapp. 507)

COMUNE: FRASSINORO						DATA: 19/01/2001						
NOME FILE PIERAZZI						PENETROMETRO DPSH				FALDA NO		
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva				Asta	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ_v' [kN/m ²]			
0.20	1	2.2	20.7	1562	43	15	1320	27	3.8	1	745	30
0.40	1	2.2	20.7	1562	52	15	1320	28	7.6	1	745	30
0.60	1	2.2	20.7	1562	61	15	1320	29	11.4	1	745	30
0.80	2	4.4	23.1	3124	79	29	2640	56	15.2	1	1490	60
1.00	3	6.6	24.9	4686	102	44	3960	82	19.0	2	2071	83
1.20	4	8.8	26.5	6248	129	59	5280	109	22.8	2	2762	110
1.40	2	4.4	23.1	3124	112	29	2640	59	26.6	2	1381	55
1.60	2	4.4	23.1	3124	123	29	2640	61	30.4	2	1381	55
1.80	3	6.6	24.9	4686	155	44	3960	87	34.2	2	2071	83
2.00	3	6.6	24.9	4686	169	44	3960	88	38.0	3	1930	77
2.20	6	13.2	29.1	9372	265	88	7920	165	41.8	3	3861	154
2.40	3	6.6	24.9	4686	196	44	3960	91	45.6	3	1930	77
2.60	3	6.6	24.9	4686	209	44	3960	92	49.4	3	1930	77
2.80	4	8.8	26.5	6248	256	59	5280	119	53.2	3	2574	103
3.00	5	11.0	27.8	7810	309	74	6600	145	57.0	4	3012	120
3.20	4	8.8	26.5	6248	288	59	5280	121	60.8	4	2410	96
3.40	3	6.6	24.9	4686	263	44	3960	97	64.6	4	1807	72
3.60	4	8.8	26.5	6248	319	59	5280	124	68.4	4	2410	96
3.80	4	8.8	26.5	6248	335	59	5280	125	72.2	4	2410	96
4.00	4	8.8	26.5	6248	351	59	5280	126	76.0	5	2265	91
4.20	13	28.6	35.7	20306	1003	192	17160	355	79.8	5	7362	294
4.40	6	13.2	29.1	9372	496	88	7920	179	83.6	5	3398	136
4.60	8	17.6	31.2	12496	653	118	10560	231	87.4	5	4531	181
4.80	7	15.4	30.2	10934	607	103	9240	207	91.2	5	3964	159
5.00	7	15.4	30.2	10934	630	103	9240	208	95.0	6	3740	150
5.20	14	30.8	36.2	21868	1315	206	18480	386	98.8	6	7480	299
5.40	11	24.2	34.1	17182	1048	162	14520	312	102.6	6	5877	235
5.60	18	39.6	38.4	28116	1866	265	23760	490	106.4	6	9618	385
5.80	47	99.0	45.0	70290	4987	663	59400	1173	110.2	6	25113	1005
6.00	31	68.2	43.9	48422	4334	457	40920	821	114.0	7	15677	627
6.20	14	30.8	36.2	21868	1561	206	18480	393	117.8	7	7080	283
6.40	50	99.0	45.0	70290	5499	663	59400	1177	121.6	7	25286	1011

6.60	14	30.8	36.2	21868	1659	206	18480	395	125.4	7	7080	283
6.80	12	26.4	34.9	18744	1450	177	15840	346	129.2	7	6069	243
7.00	33	72.6	44.5	51546	5561	486	43560	878	133.0	8	15841	634
7.20	120	99.0	45.0	70290	6182	663	59400	1182	136.8	8	57604	2304

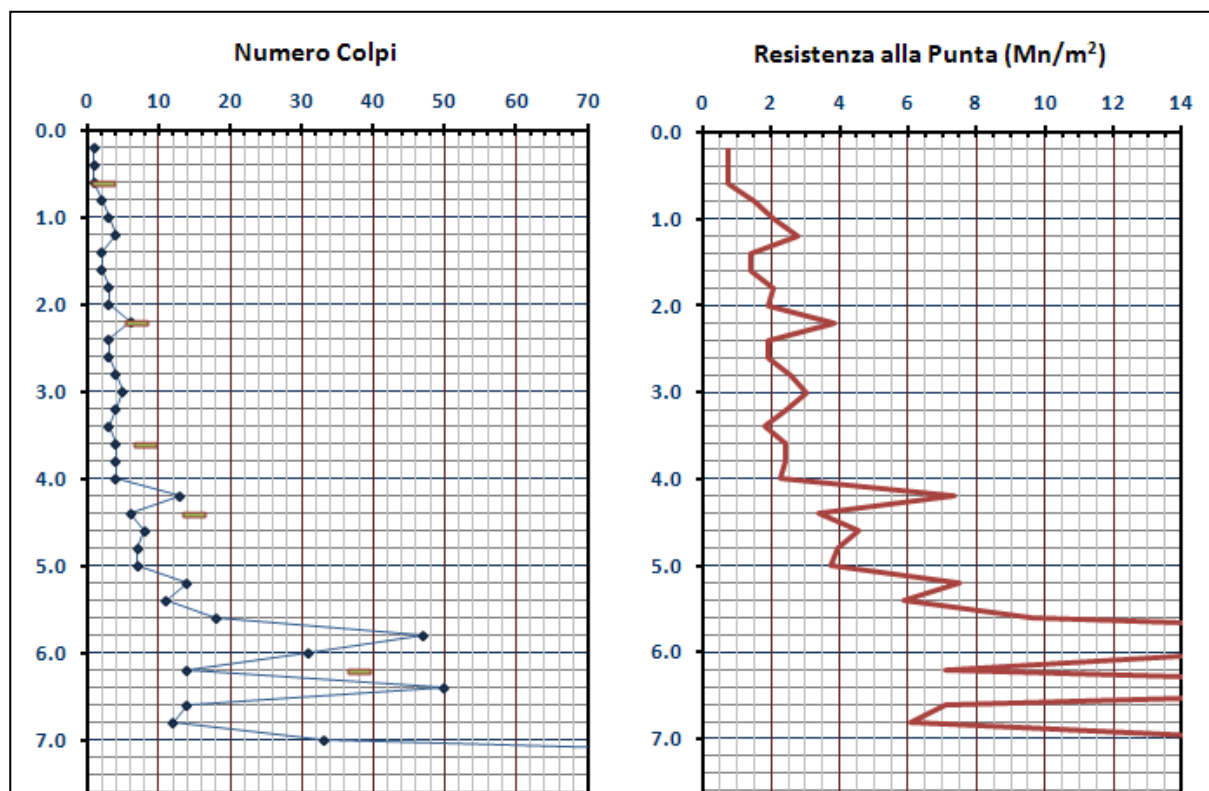
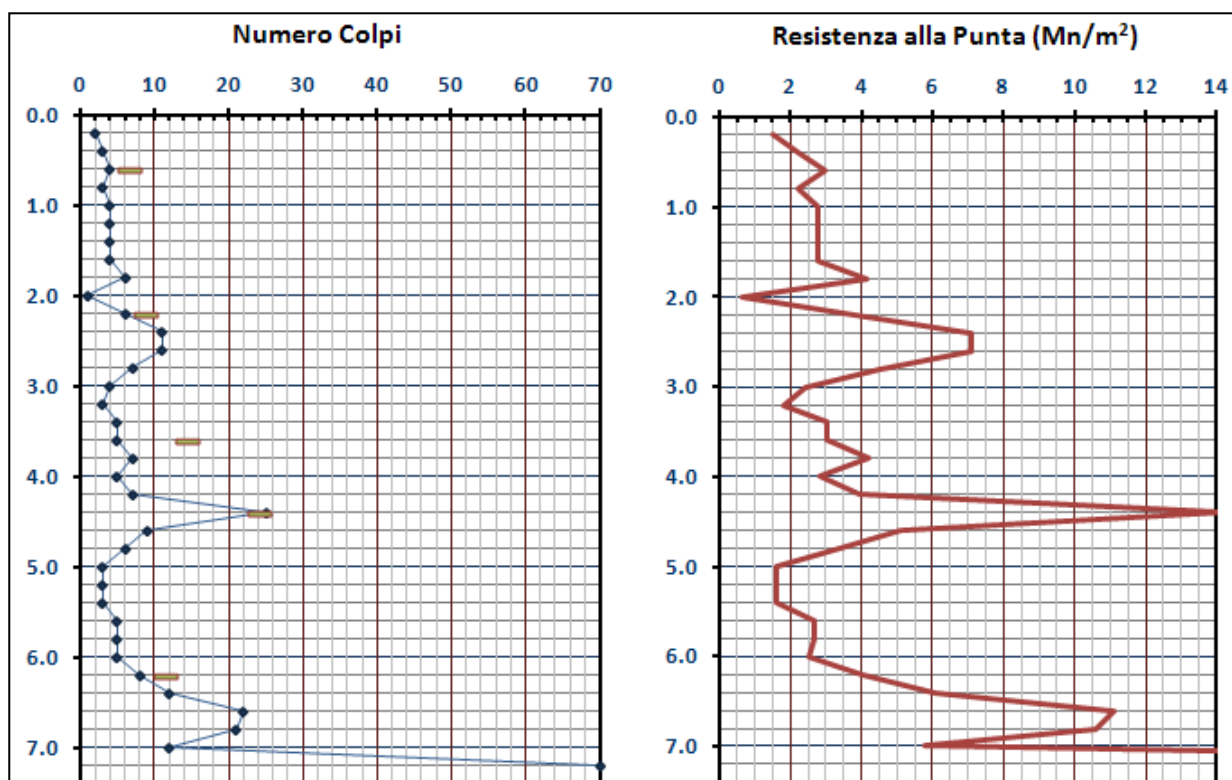


TABELLA PROVA PENETROMETRICA DPSH **P2** (rif. Catastale foglio 33 mapp. 36)

COMUNE: FRASSINORO						DATA: 28/03/2008						
NOME FILE ELIO 1						PENETROMETRO DPSH				FALDA NO		
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva						
			ϕ [°]	Mo [kN/m²]	Qa1 [kN/m²]	Cu [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Qa2 [kN/m²]	σ_v' [kN/m²]	Asta	Rpd [kN/m²]	Qa3 [kN/m²]
0.20	2	4.4	23.1	3124	46	29	2640	52	3.8	1	1490	60
0.40	3	6.6	24.9	4686	61	44	3960	78	7.6	1	2235	89
0.60	4	8.8	26.5	6248	82	59	5280	105	11.4	1	2979	119
0.80	3	6.6	24.9	4686	88	44	3960	81	15.2	1	2235	89
1.00	4	8.8	26.5	6248	114	59	5280	107	19.0	2	2762	110
1.20	4	8.8	26.5	6248	129	59	5280	109	22.8	2	2762	110
1.40	4	8.8	26.5	6248	145	59	5280	110	26.6	2	2762	110
1.60	4	8.8	26.5	6248	161	59	5280	111	30.4	2	2762	110
1.80	6	13.2	29.1	9372	223	88	7920	163	34.2	2	4143	166
2.00	1	2.2	20.7	1562	122	15	1320	38	38.0	3	643	26
2.20	6	13.2	29.1	9372	265	88	7920	165	41.8	3	3861	154
2.40	11	24.2	34.1	17182	485	162	14520	293	45.6	3	7078	283
2.60	11	24.2	34.1	17182	522	162	14520	294	49.4	3	7078	283
2.80	7	15.4	30.2	10934	368	103	9240	195	53.2	3	4504	180
3.00	4	8.8	26.5	6248	272	59	5280	120	57.0	4	2410	96
3.20	3	6.6	24.9	4686	249	44	3960	96	60.8	4	1807	72

3.40	5	11.0	27.8	7810	346	74	6600	148	64.6	4	3012	120
3.60	5	11.0	27.8	7810	364	74	6600	149	68.4	4	3012	120
3.80	7	15.4	30.2	10934	487	103	9240	201	72.2	4	4217	169
4.00	5	11.0	27.8	7810	401	74	6600	152	76.0	5	2832	113
4.20	7	15.4	30.2	10934	535	103	9240	203	79.8	5	3964	159
4.40	25	55.0	41.7	39050	2298	369	33000	659	83.6	5	14158	566
4.60	9	19.8	32.2	14058	728	133	11880	256	87.4	5	5097	204
4.80	6	13.2	29.1	9372	538	88	7920	182	91.2	5	3398	136
5.00	3	6.6	24.9	4686	370	44	3960	107	95.0	6	1603	64
5.20	3	6.6	24.9	4686	384	44	3960	109	98.8	6	1603	64
5.40	3	6.6	24.9	4686	397	44	3960	110	102.6	6	1603	64
5.60	5	11.0	27.8	7810	548	74	6600	162	106.4	6	2672	107
5.80	5	11.0	27.8	7810	566	74	6600	163	110.2	6	2672	107
6.00	5	11.0	27.8	7810	584	74	6600	164	114.0	7	2529	101
6.20	8	17.6	31.2	12496	868	118	10560	241	117.8	7	4046	162
6.40	12	26.4	34.9	18744	1367	177	15840	344	121.6	7	6069	243
6.60	22	48.4	40.4	34364	2853	324	29040	597	125.4	7	11126	445
6.80	21	46.2	39.9	32802	2756	310	27720	573	129.2	7	10620	425
7.00	12	26.4	34.9	18744	1492	177	15840	347	133.0	8	5760	230
7.20	70	99.0	45.0	70290	6182	663	59400	1182	136.8	8	33602	1344



• Prospezione sismica HVSr

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

MICROMED TROMINO ENG Y

FRASSINORO, VIA PIANELLO

Strumento: TEP-0149/01-11

Inizio registrazione: 24/08/12 13:18:24 Fine registrazione: 24/08/12 13:38:24

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-;
TRG + TRG -

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

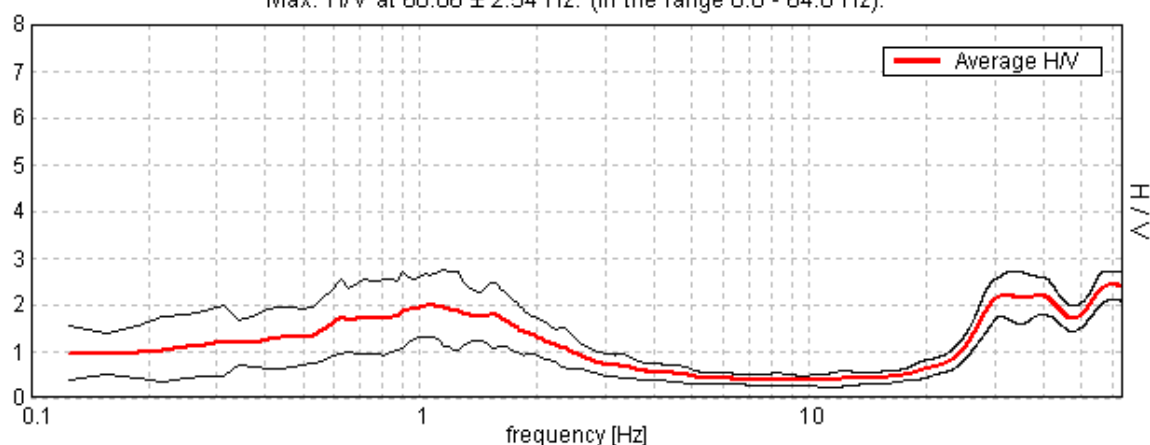
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

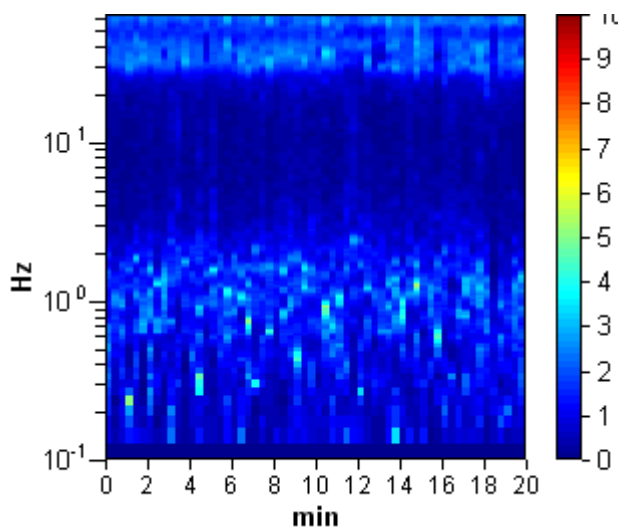
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

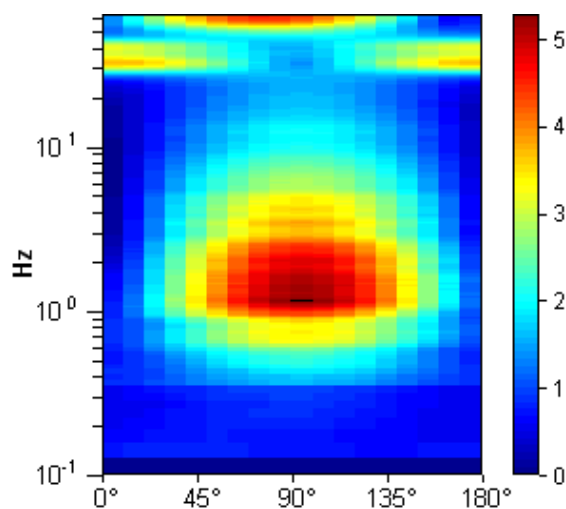
Max. H/V at 60.06 ± 2.54 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

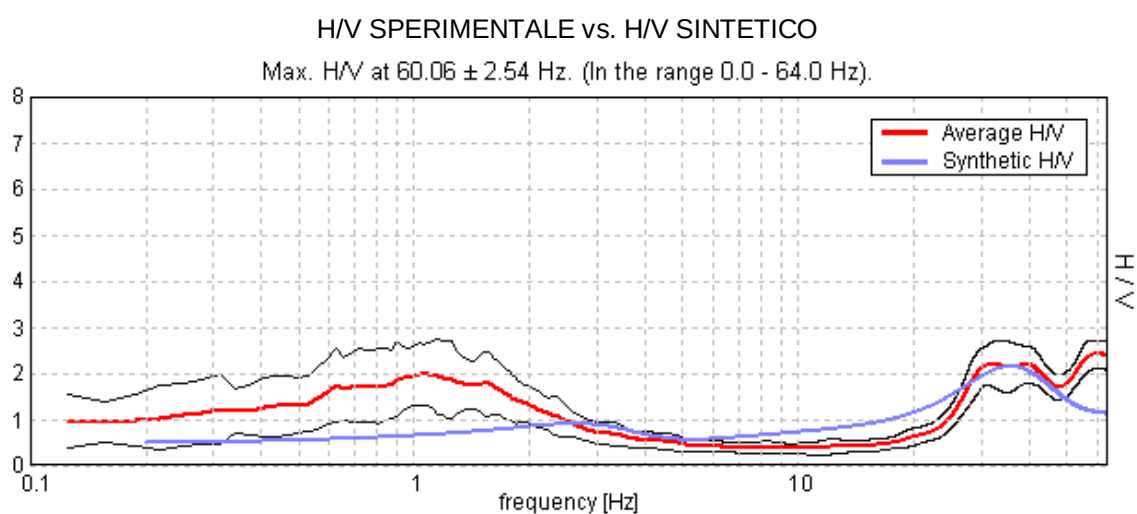
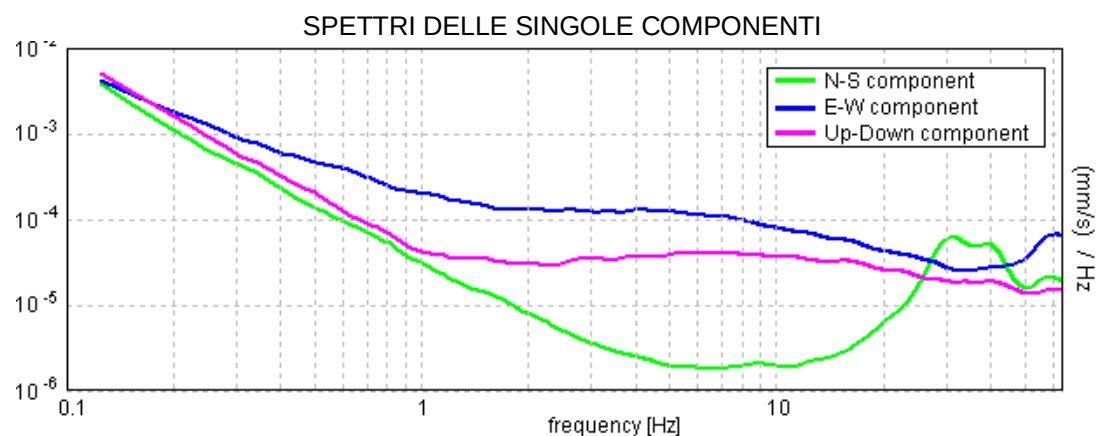


SERIE TEMPORALE H/V

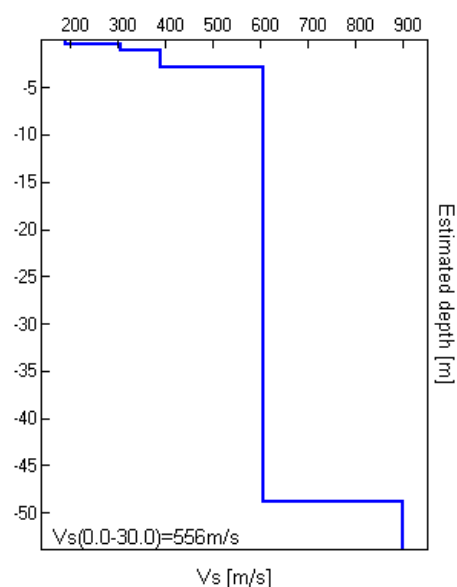


DIREZIONALITA' H/V





Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.50	0.50	190	0.35
1.10	0.60	305	0.35
2.80	1.70	390	0.35
48.80	46.00	605	0.35
inf.	inf.	900	0.35



$V_s(0.0-30.0)=556\text{m/s}$

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 60.06 ± 2.54 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$60.06 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$72075.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1088	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	25.781 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.41 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02099 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.26049 < 3.00313$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1465 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20